



Impacto da data de sementeira na produtividade do milho forrageiro (*Zea mays* L.)

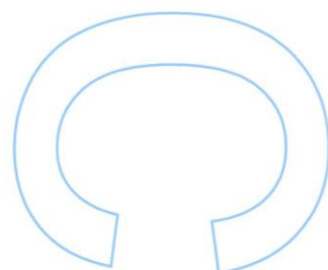
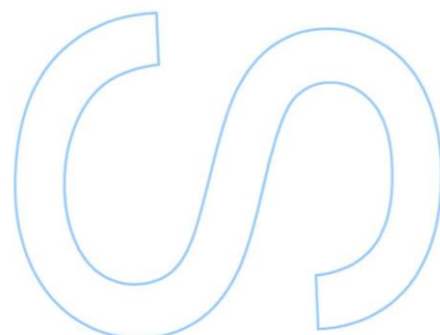
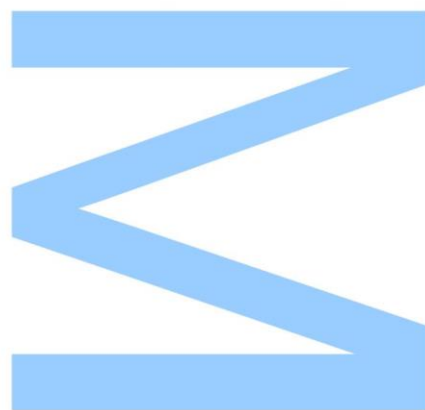
Martim Maio Benta Ferreira de Freitas

Mestrado em Engenharia Agronómica

Departamento de Geociência, Ambiente e Ordenamento do Território
2019

Orientador

Maria Eugénia dos Santos Nunes, Professora Doutora, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

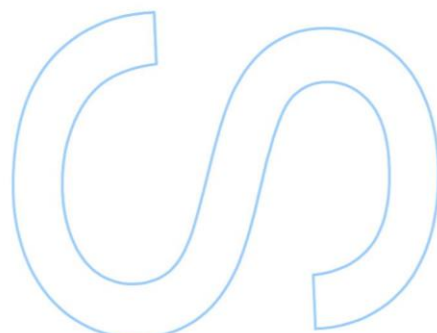
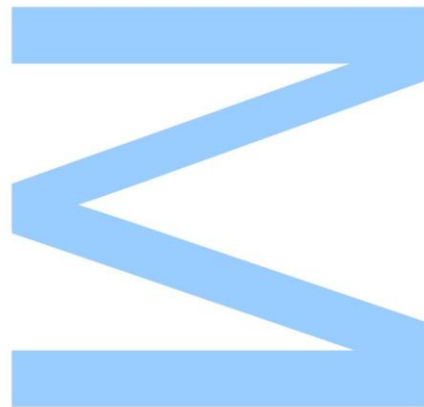




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Quero deixar um agradecimento a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a chegada a bom porto deste estudo, nomeadamente:

À Professora Doutora Maria Eugénia Nunes, pela orientação, apoio e disponibilidade incondicionais ao longo do estudo.

À Fernanda, por toda a constante ajuda fornecida, fulcral para o término do trabalho.

Ao João Shenga e ao Ângelo Gomes, pelo companheirismo e camaradagem.

À Professora Doutora Susana Carvalho por ter disponibilizado os dados meteorológicos e à Mestre Mailing Wang por os ter enviado mensalmente.

Resumo

No contexto agrícola português, o milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas arvenses mais importantes. O cultivo do milho na região de Entre Douro e Minho é caracterizado por pequenas propriedades (agricultura familiar/minifúndio), estando concentrada nesta região a maior superfície (ha) e produção (t) de milho forrageiro, a nível nacional. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da data de sementeira na produtividade de três híbridos: de maturação precoce (Belgrano), intermédia (Anjou) e tardia (BPGV06592) com base em parâmetros agronómicos e fisiológicos. Este ensaio experimental em *split-plot*, foi semeado em cinco épocas de sementeira, com quatro repetições. A data de sementeira constitui a parcela principal e as variedades constituíram as subparcelas. Estas foram constituídas por três linhas de dois metros de comprimento, com dez plantas por linha. A quinta época de sementeira (05/06/2019) foi a que apresentou a maior ($p<0,05$) altura média das plantas ($1,9\pm0,53$ m). A variedade BPGV06592 obteve, em média, as plantas mais altas ($p<0,05$) ($1,5\pm0,52$ m). Para a produtividade, a quarta (15/05/2019) e a quinta épocas obtiveram os resultados mais elevados ($p<0,05$), sendo a variedade BPGV06592 a mais produtiva ($17,28\pm4,50$ t) e com o valor médio altura de inserção da espiga também mais elevado ($p<0,05$), ($117,3\text{cm}\pm27,27\text{cm}$). Já para o índice de colheita a variedade Belgrano teve o melhor ($p<0,05$) resultado ($42,79\pm7,12$ %), sendo que a primeira (13/03/2019) ($50,25\pm5,44$ %), segunda (03/04/2019) ($51,48\pm7,86$ %) e terceira (24/04/2019) ($53,75\pm3,72$ %) épocas não tiveram diferenças entre si, obtendo os valores mais elevados para este parâmetro. Para os parâmetros medidos pelo IRGA, os valores de taxa fotossintética, condutância estomática e taxa de transpiração foram mais elevados ($p<0,05$) para as três primeiras épocas, sendo que as variedades Belgrano e Anjou indicaram, respetivamente os valores mais altos ($p<0,05$) ($20,55\pm7,63$ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$; $18,18\pm8,20$ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$).

Palavras-chave

Data de sementeira, milho forrageiro, produtividade, silagem, *zea mays* L.

Abstract

In the Portuguese agricultural context, maize (*Zea mays* L.) is one of the most important arable crops. Corn production in the Entre Douro e Minho region is characterized by small farms (family farming) with the largest area (ha) and forage maize production (t) concentrated at Portugal. The goal of the present work was to evaluate the effect of sowing date on the yield of three early maturing (Belgrano), intermediate (Anjou) and late (BPGV06592) hybrids based on agronomic and physiological parameters. This split-plot trial was sown in five sowing dates with four replications. The sowing date is the main plot and the varieties are the subplots. These were constituted by three lines of two meters in length, with ten plants per line. The fifth sowing season (05/06/2019) presented the highest ($p<0,05$) average plant height (1.9 ± 0.53 m). The BPGV06592 variety obtained, on average, the tallest plants ($p<0,05$) (1.5 ± 0.52 m). For the yield, the fourth (05/15/2019) and the fifth seasons had the highest results ($p<0,05$), being the BPGV06592 variety the most productive (17.28 ± 4.50 t) and with the cob insertion height also higher (117.3 ± 27.27 cm). For the harvest index, the Belgrano variety had the best result ($p<0,05$) (42.79 ± 7.12 %), and the first (03/13/2019) (50.25 ± 5.44 %), second (03/04/2019) (51.48 ± 7.86 %) and third (24/04/2019) (53.75 ± 3.72 %) seasons had no differences between them, obtaining the highest values ($p<0,05$) for this parameter. For the parameters measured by the IRGA, the photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate values were higher ($p<0,05$) for the first three seasons, and the Belgrano and Anjou varieties indicated, respectively, the highest values ($p<0,05$) ($20.55\pm7,63$ $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$; $18.18\pm8,20$ $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$).

Keywords

Forage corn, silage, sowing date, yield, *zea mays* L.

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	II
Abstract	III
Lista de quadros	VI
Lista de Figuras	VII
Lista de Abreviaturas	X
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	5
3. Revisão Bibliográfica	6
3.1. Generalidades sobre a cultura	6
3.2. Caracterização morfológica da cultura	7
3.3. Exigências ambientais e fatores de produção da cultura	8
3.4. O milho no contexto agrícola português.....	10
3.5. Efeito da data de sementeira enquanto fator de produção	11
4. Material e Métodos	15
4.1. Localização e caracterização edafoclimática do ensaio	15
4.2. Implementação do ensaio	17
4.3. Parâmetros Agronómicos	22
4.4. Parâmetros Fisiológicos.....	28
4.5. Análise Estatística	31
5. Resultados.....	32
5.1. Efeito da Época de sementeira	33
5.2. Efeito da Variedade de Milho	34
5.3. Efeito da Semana	35
5.4. Efeito da Interação entre Época de Sementeira e Variedade de Milho	36
5.5. Produtividade, Índice de Colheita e Altura de Inserção da Espiga	37
5.6. Taxa Fotossintética, Condutância Estomática e Taxa de Transpiração	44
6. Discussão	51

7. Conclusão.....	56
8. Referências Bibliográficas	57

Lista de quadros

Tabela 1. Número de observações para cada variável independente.	23
Tabela 2. Número de observações para cada variável independente.	25
Tabela 3. Número de observações para cada variável independente.	28
Tabela 4. Dados agronómicos e meteorológicos referentes ao estudo realizado, em 2019.	32

Lista de Figuras

Figura 1. Dados de produção e consumo de milho, a nível mundial (2018/2019).	6
Figura 2. Classificação climática Koppen-Geiger, em Portugal Continental. Fonte: (Koppen, 1936)	16
Figura 3. Temperatura média anual. Fonte: (IPMA, 2019)	16
Figura 4. Precipitação acumulada anual. Fonte: (IPMA, 2019)	16
Figura 5. Representação gráfica da variação da temperatura (°C) e da humidade relativa do ar (%) ao longo do ensaio. Fonte: sensor Sensohive Orbit-3 c/ Shield Solar.....	17
Figura 6. 1ª Época de Sementeira-13/03/2019; 2ª Época de Sementeira -03/04/2019; 3ª Época de Sementeira-24/04/2019; 4ª Época de Sementeira-15/05/2019; 5ª Época de Sementeira-05/06/2019	18
Figura 7. Esquema de uma parcela do ensaio. V1 – BPGV06592; V2 – Belgrano; V3 – Anjou.	18
Figura 8. Aspeto geral da área do ensaio após mobilização profunda, com a charrua de aivecas.	19
Figura 9. 1: Ferramentas agrícolas utilizadas; 2: Delimitação do espaço para cada talhão; 3: Realização da sementeira manualmente.....	19
Figura 10. Aplicação de herbicida em pós-emergência.....	20
Figura 11. Instalação do sistema de rega deficitária.	20
Figura 12. Adubação de cobertura em estádio vegetativo V8.	21
Figura 13. Espiga de milho, colhida em R3.....	21
Figura 14. Espiga, na planta, atacada por pássaros.	22
Figura 15. Estádios fenológicos do ciclo cultural do milho.....	24
Figura 16. Pesagem da planta, em verde.	25
Figura 17. Ataque de <i>Sesamia nonagrioides</i> na espiga.	26
Figura 18. Ataque severo de <i>Sesamia nonagrioides</i> no colmo e folhas das plantas de milho.....	27
Figura 19. IRGA LCpro-SD, ADC BioScientific Ltd.....	29
Figura 20. Medição das plantas, em VT.....	30
Figura 21. Esquema geral de um IRGA. Fonte: (Carvalho, 2014).	31
Figura 22. Comparação da altura das plantas (m) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira—barras classificadas pela mesma letra (a, b, c ou d) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.	33
Figura 23. Comparação da altura das plantas (m) pela média e desvio padrão em três variedades de milho – barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam	

diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.....	34
Figura 24. Comparação da altura das plantas (m) pela média e desvio padrão em cinco semanas de registo de dados – barras classificadas pela mesma letra (a, b, c, d ou e) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). S1: estágio fenológico V4; S2: estágio fenológico V7; S3: estágio fenológico V10; S4: estágio fenológico V12; S5: estágio fenológico VT.....	35
Figura 25. Efeito da interação entre as variáveis “variedades de milho” e “épocas de sementeira” para a altura das plantas (m). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019. V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.....	36
Figura 26. Comparação da produtividade (t/ha) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira–barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.	37
Figura 27. Comparação do índice de colheita (%) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira–barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019 E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.	38
Figura 28.Comparação da altura de inserção da espiga (cm) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira–barras classificadas pela mesma letra (a, b, c ou d) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019 E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.....	39
Figura 29.Comparação da produtividade (t/ha) pelas médias e desvio padrão em três variedades de milho– barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.....	40
Figura 30.Comparação do índice de colheita (%) pela média e desvio padrão em três variedades de milho– barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.....	41
Figura 31.Comparação da altura de inserção da espiga (cm) pela média e desvio padrão em três variedades de milho–barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.	42

Figura 32.Representação gráfica do efeito da interação entre as variáveis “variedades de milho” e “épocas de sementeira” para a produtividade (t/ha). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019 E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019. V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.	43
Figura 33.Comparação da taxa fotossintética ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira – barras classificadas pela mesma letra (a, b, c ou d) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019 E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.	44
Figura 34.Comparação da condutância estomática ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira – barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019 E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.	45
Figura 35.Comparação da taxa de transpiração ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira – barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.	46
Figura 36.Comparação da taxa fotossintética ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em três variedades de milho – barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.	47
Figura 37. Comparação da taxa fotossintética ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em dois momentos distintos – barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). M1: estágio fenológico VT; M2: estágio fenológico R3.	48
Figura 38. Comparação da condutância estomática ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em dois momentos distintos – barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). M1: estágio fenológico VT; M2: estágio fenológico R3.	49
Figura 39.Comparação da taxa de transpiração ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em dois momentos distintos – barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). M1: estágio fenológico VT; M2: estágio fenológico R3.	50

Lista de Abreviaturas

TMM	Temperatura média máxima
TMm	Temperatura média mínima
MM	Média mensal
MA	Máximo absoluto
mA	Mínimo absoluto
HMM	Humidade média máxima
HMm	Humidade média mínima
E.S.	Época de sementeira
V	Variedade de Milho
S	Semana
R	Repetição
M	Momento
IC	Índice de Colheita
AIE	Altura de Inserção de Espiga
IRGA	Analisador de Gases Infravermelhos
BPGV	Banco Português de Germoplasma Vegetal
SAS	Statistical Analysis System
cm	centímetro
m	metro
t	tonelada
°C	Grau centígrado
ha	hectare
L	Litro
p	Valor-p

1.Introdução

O milho (*Zea Mays*, L.), pertencente à família *Poaceae*, para além do trigo e do arroz, é uma das culturas com maior expressão a nível mundial (FAO, 2018). É um dos cereais mais consumidos no mundo, pelo que tem despertado o interesse contínuo pela investigação relacionada com o melhoramento genético. Alguns dos objetivos desta área científica passam por tentar obter híbridos com maior teor em proteína, de forma a aumentar o valor nutritivo do milho bem como pela obtenção de variedades cada vez mais resistentes às patologias, entomologias e condições ambientais adversas (Versiani, 2009). Os dois líderes mundiais, quer a nível de produção como de consumo, são os Estados Unidos da América e a China. No ano agrícola (2018/2019), o consumo de milho, de 1130,639 toneladas, foi superior ao da produção, 1099, 624 toneladas.

O milho, ao longo do seu ciclo cultural é limitado por fatores como a disponibilidade de água, temperatura e radiação solar. Para que este atinja o seu potencial máximo produtivo, é vital que a temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo alcancem os níveis considerados ótimos. A planta tende a ter a mesma temperatura do ambiente na qual está envolvida. Por esta razão, alterações periódicas de temperatura podem acabar por influenciar os processos metabólicos que acontecem no interior da planta. Na presença de temperaturas altas, os processos metabólicos do milho tendem a ser mais acelerados. Da mesma forma, quando a temperatura é mais baixa estes processos tendem a diminuir (Pereira Filho, 2010).

A temperatura ótima desde a emergência até à floração varia entre os vinte e quatro e os trinta graus centígrados. Para que haja uma maior produtividade em grão assim como de produção de matéria seca, a temperatura nas fases avançadas do ciclo cultural do milho deve estar próxima de vinte e um graus centígrados. Os intervalos de temperaturas toleráveis para a cultura do milho, sem que haja perda considerável de produtividade, encontram-se entre os dez e os trinta graus centígrados. Quando as temperaturas se aproximam do mínimo aceitável, a planta cessa o seu crescimento e quando a temperatura ultrapassa o seu valor máximo durante períodos muito prolongados, a produção é negativamente afetada, ocorrendo uma senescência precoce das folhas (Cruz et al., 2006).

Embora seja uma cultura adaptada a climas secos, o milho é muito exigente em água. Durante o seu ciclo pode consumir até seiscentos milímetros de água. Não obstante, pode ser instalado em regiões onde as precipitações variem entre duzentos e cinquenta a quinhentos milímetros anuais. Portanto, a quantidade de água utilizada pela planta varia segundo as condições em que se desenvolve. Em climas quentes e áridos,

a planta num estágio inicial atinge um consumo limite de água de dois milímetros e meio, por dia. Entre o espigamento e a maturação dá-se um ligeiro aumento neste consumo, podendo variar entre os cinco e os sete milímetros e meio, por dia. Em situações limite, se a humidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura bastante elevada, os valores de consumo de água podem chegar aos dez milímetros por dia (Cruz et al., 2006).

Relativamente ao défice hídrico, o milho é uma planta cuja sensibilidade é alta em praticamente todas as fases do seu ciclo (Pereira Filho, 2010). Observou-se que, para plantas devidamente regadas, ocorre um aumento da abertura estomática com um consequente aumento da radiação fotossinteticamente ativa (PAR). As plantas em stresse hídrico apresentam uma resposta mais lenta à radiação incidente e valores de condutância estomática de, aproximadamente, um quinto dos encontrados em plantas em conforto hídrico, em que reduzir a velocidade de abertura dos estomas ou deixando-os menos abertos pode ser uma forma de reduzir as perdas de água através da transpiração. A transpiração é dependente, maioritariamente, da condutância estomática sendo que esta diminui não só em função da fração de água disponível para planta como pela incidência de radiação fotossinteticamente ativa. Todavia, na fase de crescimento vegetativo, devido não só ao menor alongamento celular, mas também à menor massa verde da planta, as exigências fotossintéticas e por consequência as hídricas são menores comparativamente ao resto do seu ciclo. Na fase de floração, a ocorrência de dessecação dos pistilos/estigmas, por falta de água, conduz ao aborto das espiguetas e à morte dos grãos de pólen, com uma consequente diminuição de produtividade. Na fase de enchimento do grão, por sua vez, a falta de água na planta provoca o fecho dos estomas, afetando o seu metabolismo com diminuição da taxa fotossintética. Deste modo, tanto a produção de fotossimilados como a sua translocação para os grãos é reduzida (Cruz et al., 2008).

Outro dos fatores que afeta a produtividade do milho, é o fotoperíodo, isto é, o tempo de exposição à luz necessário para que uma planta se desenvolva naturalmente. Apesar de ser um fator climático de variação sazonal, a mesma não se apresenta anualmente. Um aumento no fotoperíodo está sobretudo relacionado com um aumento da duração da etapa vegetativa da planta, acarretando, por isso, um maior número de emergência de folhas durante a diferenciação do pendão tal como do número total de folhas produzidas pela planta (Cruz et al., 2008).

Por sua vez, a radiação solar é um fator preponderante no potencial produtivo do milho. É de tamanha importância porque é da radiação solar que depende o processo fotossintético, sendo que noventa por cento da matéria seca do milho advém da fixação de dióxido de carbono pela fotossíntese. Portanto, a redução da intensidade luminosa

entre trinta a quarenta por cento por longos períodos não só atrasa a maturação do grão como origina uma queda na produção final do milho (Cruz et al., 2006).

Em geral, o milho deve ser semeado quando as temperaturas do solo atingem aproximadamente 10°C. Nestas condições, a semente absorve cerca de 30% do seu peso em água, dando-se início ao processo da germinação com o crescimento da radícula e do coleóptilo. Contudo, o processo da germinação da semente será afetado quando a temperatura do solo for inferior a 10°C, podendo levar ao apodrecimento da semente e a uma consequente pobre emergência, caso estas condições sejam prolongadas (Abendroth & Elmore, 2007). De todos os aspetos relacionados com a gestão do crescimento do milho, a data de sementeira é, provavelmente, a mais sujeita a variação, devido não só às grandes diferenças meteorológicas, na altura de plantação (pode coincidir com a mudança de estação do ano) mas também devido ao grande leque de climas existentes (Otegui, 1995).

As primeiras plantas de milho chegaram a território nacional no século dezasseis, vindo da América e espalhando-se rapidamente por todo o país (desde as planícies do Sul até às regiões montanhosas do Norte). Durante vários séculos esta cultura sofreu um processo de seleção natural e humana, originando as diferentes variedades tradicionais portuguesas, adaptadas às diferentes condições ambientais de todo o país. Apesar de tudo, após a Segunda Guerra Mundial, Portugal foi um dos primeiros países europeus a introduzir híbridos americanos, que inicialmente não foram muito bem aceites pelos agricultores portugueses devido a algumas das suas características, como a maturação tardia do grão (Vaz Patto, et al., 2008). No entanto, a recente utilização de mais variedades de milho híbrido põe em risco as variedades locais cuja utilização é cada vez mais rara (Vaz Patto, et al., 2007). Os principais híbridos comerciais de milho que têm dado lugar às variedades de polinização cruzada em todo o mundo, envolvem um número restrito de linhas puras, limitando assim a diversidade genética disponível (Vaz Patto, et al., 2009). De forma a preservar a variabilidade genética, há a preocupação em manter as variedades tradicionais ainda em cultivo (Vaz Patto, et al., 2007).

No contexto agrícola português, o milho é uma das culturas arvenses mais importantes, sendo a que mais explorações agrícolas envolve e segundo a (ANPROMIS – Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo, 2018) desde 2006 tem ocupado uma área entre 130 a 150 mil hectares em todo o país. Esta cultura está associada quer à produção de silagem a qual é de excelente qualidade, quer à produção de grão, afirmando-se atualmente como uma cultura com enorme potencialidade produtiva da agricultura portuguesa de regadio, tendo um contributo importante para a vitalidade das economias regionais e nacional. A introdução de novas variedades melhor adaptadas

às nossas condições edafoclimáticas, bem como práticas culturais mais adequadas (adubações, tratamentos fitossanitários, rega, etc.) têm conduzido a um aumento significativo da produtividade da cultura no nosso país, estando os indicadores de produtividade entre os melhores a nível mundial. (Barros & Calado, 2014)

A preocupação em produzir alimento volumoso para os rebanhos, especialmente no período seco do ano, quando as pastagens naturais se tornam cada vez mais precárias, tem aumentado a utilização da silagem, especialmente entre os agricultores que se dedicam à produção de leite. Embora existam várias plantas forrageiras, anuais e perenes que servem para a produção de silagem, o milho tem lugar de destaque e é considerado como uma referência. (Cruz, 1998). O cultivo do milho na região de Entre Douro e Minho é caracterizado por pequenas propriedades (agricultura familiar/minifúndio), estando concentrada nesta região a maior superfície (ha) e produção (t) de milho forrageiro, a nível nacional (INE, 2018).

A relação entre a produtividade do milho forrageiro e a data de sementeira ainda não foi estabelecida para esta região (Bacia do Ave). Várias são as condicionantes que podem atrasar a sementeira do milho: o excesso de precipitação, que impede a entrada das máquinas agrícolas no terreno; a falta de espaço de armazenamento para a nova silagem que pode conduzir ao corte tardio do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), a cultura semeada no período Outono-Inverno, entre outras. Hipoteticamente, a sementeira de milho forrageiro poderia ser feita mais tarde relativamente à do milho para grão já que o milho forrageiro não tem de ser colhido na fase final de maturação (fisiológica) (Allen et al., 1995).

É, por conseguinte, crucial determinar o impacto da data de sementeira na produtividade do milho forrageiro, avaliando diferentes parâmetros agronómicos e fisiológicos ao longo do ciclo de três variedades de milho semeadas em cinco datas de sementeira. O estudo foi realizado na união das freguesias de Vairão e Fornelo, no concelho de Vila do Conde, no Campus Agrário de Vairão, da Universidade do Porto.

2. Objetivos

Avaliar o efeito da data de sementeira na produtividade de três híbridos de maturação precoce, intermédia e tardia com base em parâmetros agronómicos e fisiológicos.

Com base nas condições edafoclimáticas registadas em 2019 neste estudo, pretende-se identificar a melhor época de sementeira para a cultura do milho e a variedade mais produtiva.

Espera-se, portanto, perceber qual dos três híbridos apresenta não só a melhor produtividade assim como parâmetros agronómicos.

3.Revisão Bibliográfica

3.1. Generalidades sobre a cultura

O milho (*Zea Mays* L) é uma espécie que pertence à família Gramineae/Poaceae, tendo a sua origem no teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana (*Zea mays* ssp. mexicana (Schrader) Ittis, há cerca de 8000 anos (Barros & Calado, 2014).). A cultura do milho é das que ocupam maior área no mundo, sendo com o trigo e o arroz as três culturas com maior expressão (FAO, 2018). A sua área de cultivo localiza-se entre as latitudes de 30°S e 55°N (Bellido, 1991). Todavia, o melhoramento genético tem permitido potenciar a adaptação de algumas variedades que, atualmente se encontram em latitudes superiores, nomeadamente a Norte em regiões da Rússia e do Canada e a Sul em regiões da Argentina e da Bolívia. É indiscutivelmente uma das culturas mais estudadas no mundo, tal como as culturas do trigo e soja, o que reflete a sua importância económica (Llaca et al.2011). Tal também terá que ver com o fato de ser um dos cereais mais consumidos no mundo, pelo que tem despertado o interesse contínuo pela investigação relacionada com o melhoramento genético. Alguns dos objetivos desta área científica passam por tentar obter híbridos com maior teor em proteína, de forma a aumentar o valor nutritivo do milho bem como pela obtenção de variedades cada vez mais resistentes às patologias, entomologias e condições ambientais adversas (Versiani, 2009). Os dois líderes mundiais, quer a nível de produção como de consumo, são os Estados Unidos da América e a China (Figura 1).

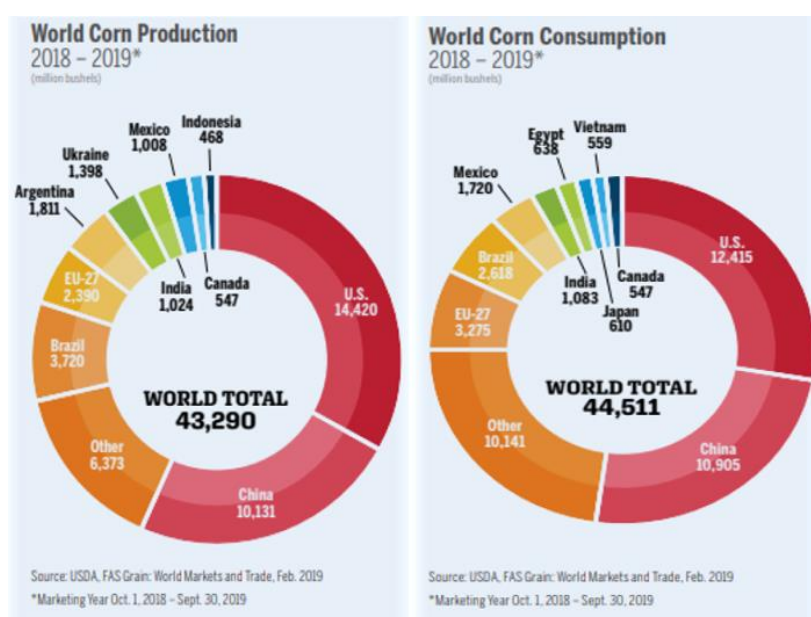


Figura 1.Dados de produção e consumo de milho, a nível mundial (2018/2019).

3.2. Caracterização morfológica da cultura

É uma planta de grande porte que pode alcançar até dois metros e meio de altura, sendo dotada de um amplo sistema radicular fibroso. Este sistema radicular possui grande crescimento e raízes adventícias que lhe conferem resistência à acama. Estas surgem no estado fenológico de cinco a seis folhas, estando a parte inicial de desenvolvimento da planta assente no sistema radicular seminal, que é aprumado. O caule é um colmo meduloso, ereto, que em boas condições de crescimento desenvolve dezasseis nós. As folhas caracterizam-se por serem compridas, largas, paralelinérveas, de disposição alterna, lanceoladas, sem lígula, de bainha longa, bordos ásperos, glabras ou pubescentes, com nervuras retilíneas-paralelas e uma nervura funda ao meio da página superior. As flores surgem agrupadas em inflorescências masculinas e femininas (planta monoica), reproduzindo-se por polinização cruzada. A inflorescência masculina é uma panícula (“bandeira” /pendão) que surge na extremidade do caule e contém duas espiguetas em cada dente. Cada espiguetas tem duas flores, uma fértil e outra estéril. A inflorescência feminina surge entre o sexto e o oitavo nós, na axila das folhas, em número de uma ou, raras vezes, duas e é uma espiga de espiguetas unifloras (maçaroca). A espiga pode entre dezasseis a vinte e poucas carreiras, em média, e cada carreira cerca de cinquenta grãos. A espiga é envolvida por brácteas (“camisas”), de onde saem longos estiletes (“barbas”) terminados por dois estigmas. As brácteas são solidárias ao pedúnculo e o eixo da espiga é carnudo (carolo). O fruto do milho é uma cariopse indeiscente, monospérmico, com semente ligada ao pericarpo e agrupado em infrutescências. O grão representa cerca de quarenta e dois por cento do peso seco da planta, excluindo as raízes. O peso de mil grãos varia entre duzentos e cinquenta a trezentos gramas. (Paes, 2012; Tilman et al., 2002; Brites, et al., 2007; FAO, 1993).

O milho desenvolve características morfológicas e diferenças entre os estádios vegetativos (fase fisiológica de desenvolvimento da planta) e reprodutivos (fase de reprodução). Os estádios fenológicos ao longo do seu ciclo de vida são os seguintes: germinação, emergência; emissão de folhas; aparecimento da panícula; floração masculina; floração feminina; formação de grão e maturação (Paes, 2012).

3.3. Exigências ambientais e fatores de produção da cultura

O milho, ao longo do seu ciclo cultural é limitado por fatores como a disponibilidade de água, temperatura e radiação solar. Para que este atinja o seu potencial máximo produtivo, é vital que a temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo alcancem os níveis considerados ótimos. A planta tende a ter a mesma temperatura do ambiente na qual está envolvida. Por esta razão, alterações periódicas de temperatura podem acabar por influenciar os processos metabólicos que acontecem no interior da planta. Na presença de temperaturas altas, os processos metabólicos do milho tendem a ser mais acelerados. Da mesma forma, quando a temperatura é mais baixa estes processos tendem a diminuir (Pereira Filho, 2010).

A temperatura ótima desde a emergência até à floração varia entre os vinte e quatro e os trinta graus centígrados. Para que haja uma maior produtividade em grão assim como de produção de matéria seca, a temperatura nas fases avançadas do ciclo cultural do milho deve estar próxima de vinte e um graus centígrados. Os intervalos de temperaturas toleráveis para a cultura do milho, sem que haja perda considerável de produtividade, encontram-se entre os dez e os trinta graus centígrados. Quando as temperaturas se aproximam do mínimo aceitável, a planta cessa o seu crescimento e quando a temperatura ultrapassa o seu valor máximo durante períodos muito prolongados, a produção é negativamente afetada, ocorrendo uma senescência precoce das folhas (Cruz et al., 2006).

Embora seja uma cultura adaptada a climas secos, o milho é muito exigente em água. Durante o seu ciclo pode consumir até seiscentos milímetros de água. Não obstante, pode ser semeado em regiões onde as precipitações variem entre duzentos e cinquenta a quinhentos milímetros anuais. Portanto, a quantidade de água utilizada pela planta varia segundo as condições em que se desenvolve. Em climas quentes e áridos, a planta num estágio inicial atinge um consumo limite de água de dois milímetros e meio, por dia. Entre o espigamento e a maturação dá-se um ligeiro aumento neste consumo, podendo variar entre os cinco e os sete milímetros e meio, por dia. Em situações limite, se a humidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura bastante elevada, os valores de consumo de água podem chegar aos dez milímetros por dia (Cruz et al., 2006).

Relativamente ao défice hídrico, o milho é uma planta cuja sensibilidade é alta em praticamente todas as fases do seu ciclo (Pereira Filho, 2010). Observou-se que, para plantas devidamente regadas, ocorre um aumento da abertura estomática com um consequente aumento da radiação fotossinteticamente ativa (PAR). As plantas em stresse hídrico apresentam uma resposta mais lenta à radiação incidente e valores de

condutância estomática de, aproximadamente, um quinto dos encontrados em plantas em conforto hídrico, em que reduzir a velocidade de abertura dos estomas ou deixando-os menos abertos pode ser uma forma de reduzir as perdas de água através da transpiração. A transpiração dependente, maioritariamente, da condutância estomática sendo que esta diminui não só em função da fração de água disponível para planta como pela incidência de radiação fotossinteticamente ativa. Todavia, na fase de crescimento vegetativo, devido não só ao menor alongamento celular, mas também à menor massa verde da planta, as exigências fotossintéticas e por consequência as hídricas são menores comparativamente ao resto do seu ciclo. Na fase de floração, a ocorrência de dessecação dos pistilos/estigmas, por falta de água, conduz ao aborto das espiguetas e à morte dos grãos de pólen, com uma consequente diminuição de produtividade. Na fase de enchimento do grão, por sua vez, a falta de água na planta provoca o fecho dos estomas, afetando o seu metabolismo com diminuição da taxa fotossintética. Deste modo, tanto a produção de fotossimilados como a sua translocação para os grãos é reduzida (Cruz et al., 2008).

Outro dos fatores que afeta a produtividade do milho, é o fotoperíodo, isto é, o tempo de exposição à luz necessário para que uma planta se desenvolva naturalmente. Apesar de ser um fator climático de variação sazonal, a mesma não se apresenta anualmente. Um aumento no fotoperíodo está sobretudo relacionado com um aumento da duração da etapa vegetativa da planta, acarretando, por isso, um maior número de emergência de folhas durante a diferenciação do pendão tal como do número total de folhas produzidas pela planta (Cruz et al., 2008).

Por sua vez, a radiação solar é fator preponderante no potencial produtivo do milho. É de tamanha importância porque é da radiação solar que depende o processo fotossintético, sendo que noventa por cento da matéria seca do milho advém da fixação de dióxido de carbono pela fotossíntese. Portanto, a redução da intensidade luminosa entre trinta a quarenta por cento por longos períodos não só atrasa a maturação do grão como origina uma queda na produção final do milho (Cruz et al., 2006).

Em geral, o milho deve ser semeado quando as temperaturas do solo atingem aproximadamente 10°C. Nestas condições, a semente absorve cerca de 30% do seu peso em água, dando-se início ao processo da germinação com o crescimento da radícula e do coleóptilo. Contudo, o processo da germinação da semente será afetado quando a temperatura do solo é inferior a 10°C, podendo levar ao apodrecimento da semente e a uma consequente pobre emergência, caso estas condições sejam prolongadas. (Abendroth & Elmore, 2007). De todos os aspetos relacionados com a gestão do crescimento do milho, a data de sementeira é, provavelmente, a mais sujeita a variação, devido não só às grandes diferenças meteorológicas, na altura de plantação

(pode coincidir com a mudança de estação do ano) mas também devido ao grande leque de climas existentes (Otegui, 1995).

3.4. O milho no contexto agrícola português

As primeiras plantas de milho chegaram a território nacional no século dezasseis, vindo da América e espalhando-se rapidamente por todo o país (desde as planícies do Sul até às regiões montanhosas do Norte). Durante vários séculos esta cultura sofreu um processo de seleção natural e humana, originando as diferentes variedades tradicionais portuguesas, adaptadas às diferentes condições ambientais de todo o país. Apesar de tudo, após a Segunda Guerra Mundial, Portugal foi um dos primeiros países europeus a introduzir híbridos americanos, que inicialmente não foram muito bem aceites pelos agricultores portugueses devido a algumas das suas características, como a maturação tardia do grão (Vaz Patto, et al., 2008). No entanto, a recente utilização de mais variedades de milho híbrido põe em risco as variedades locais cuja utilização é cada vez mais rara (Vaz Patto, et al., 2007). Os principais híbridos comerciais de milho que têm dado lugar às variedades de polinização cruzada em todo o mundo, envolvem um número restrito de linhas puras, limitando assim a diversidade genética disponível (Vaz Patto, et al., 2009). De forma a preservar a variabilidade genética, há a preocupação em manter as variedades tradicionais ainda em cultivo (Vaz Patto, et al., 2007).

No contexto agrícola português, o milho é uma das culturas arvenses mais importantes, sendo a que mais explorações agrícolas envolve e segundo a (ANPROMIS – Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo, 2018) desde 2006 tem ocupado uma área entre 130 a 150 mil hectares em todo o país. Esta cultura está associada quer à produção de silagem a qual é de excelente qualidade, quer à produção de grão, afirmando-se atualmente como uma cultura com enorme potencialidade produtiva da agricultura portuguesa de regadio, tendo um contributo importante para a vitalidade das economias regionais e nacional. A introdução de novas variedades melhor adaptadas às nossas condições edafoclimáticas, bem como práticas culturais mais adequadas (adubações, tratamentos fitossanitários, rega, etc.) têm conduzido a um aumento significativo da produtividade da cultura no nosso país, estando os indicadores de produtividade entre os melhores a nível mundial. (Barros & Calado, 2014)

A preocupação em produzir alimento volumoso para os rebanhos, especialmente no período seco do ano, quando as pastagens naturais se tornam cada vez mais precárias, tem aumentado a utilização da silagem, especialmente entre os agricultores

que se dedicam à produção de leite. Embora existam várias plantas forrageiras, anuais e perenes que servem para a produção de silagem, o milho tem lugar de destaque e é considerado como uma referência. (Cruz, 1998). O cultivo do milho na região de Entre Douro e Minho é caracterizado por pequenas propriedades (agricultura familiar/minifúndio), estando concentrada nesta região a maior superfície (ha) e produção (ton) de milho forrageiro, a nível nacional (INE, 2018).

A relação entre a produtividade do milho forrageiro e a data de sementeira ainda não foi estabelecida para esta região (Bacia do Ave). Várias são as condicionantes que podem atrasar a sementeira do milho: o excesso de precipitação, que impede a entrada das máquinas agrícolas no terreno; a falta de espaço de armazenamento para a nova silagem que pode conduzir ao corte tardio do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), a cultura semeada no período Outono-Inverno, entre outras. Hipoteticamente, a sementeira de milho forrageiro poderia ser feita mais tarde relativamente à do milho para grão já que o milho forrageiro não tem de ser colhido na fase final de maturação (fisiológica) (Allen et al., 1995).

3.5. Efeito da data de sementeira enquanto fator de produção

As práticas de gestão da cultura de milho para a sua produção forrageira são, basicamente, as mesmas utilizadas para a produção de grão. Esta noção de que as práticas agrícolas utilizadas para a produção de milho para grão (produto com valor acrescentado) irão ser sinónimo de ótimas produções de milho forrageiro, não está bem estabelecida (Darby & Lauer, 2002). Os agricultores acreditam que o milho forrageiro pode ser instalado mais tarde em relação ao milho para grão porque no primeiro caso, não têm de esperar que o grão atinja a sua maturação fisiológica. Hipoteticamente tal seria verdade (Allen et al. 1995). De facto, poucos estudos sobre este tópico têm sido levados a cabo relativamente ao fator de produção: data de sementeira em milho forrageiro.

Alguns estudos reportaram a influência da data de plantação e dos híbridos de milho na produção de milho para grão, nomeadamente um ensaio em Wisconsin que sugeriu ótimas datas de plantação entre 1 e 14 de maio (Lauer et al, 1999).

Um resumo de recomendações de datas de sementeira reportou datas de sementeira ótimas para o *Corn Belt* entre 20 de abril e 10 de maio (Benson, 1990).

Outros investigadores, além de recomendarem datas ótimas de sementeira, descreveram uma resposta quadrática da produção do milho para com a data de sementeira. (Lauer et al., 1999; Nafziger, 1994; Johnson & Mulvaney, 1980).

Em Inglaterra, milho semeado antes ou depois do fim do mês de abril teve como consequência quebras na sua produção final. Mas como, nesse mesmo estudo, se obteve valores de produção máxima de matéria seca de milho semeado em meados de maio, houve recomendações no sentido da sementeira de milho forrageiro ser realizada nesse período (Bunting, 1978).

No Canadá, registou-se valores, de maturação e produção, vantajosos para milho semeado em meados de maio, havendo um declínio significativo no conteúdo de matéria seca do milho forrageiro, caso a sua sementeira fosse realizada depois dos primeiros dias de junho. (White & Fairey, 1977, 1983). Reportou-se ainda a redução de uma unidade percentual na digestibilidade da matéria seca por cada dia de sementeira realizado para além de meados de maio (Fairey, 1983).

Noutro estudo, em Nova York, observaram-se diferenças significativas no conteúdo de fibra do milho semeado em várias datas, sugerindo-se que o milho forrageiro fosse semeado entre os últimos dias de abril e os primeiros dias de maio. (Graybill et al, 1991)

Na verdade, os híbridos de milho respondem distintamente consoante a sua data de sementeira (Lauer et al., 1999; Graybill et al., 1991; Fairey, 1980). Há uma interação entre a duração da época de crescimento de um híbrido e a sua data ótima de sementeira, sendo que um híbrido de ciclo longo beneficia com uma data de sementeira prematura e é prejudicado por uma sementeira tardia (Hicks et al, 1970). Por outro lado, alguns autores não reportam esta interação: data de sementeira com o híbrido de milho (Bunting, 1978). Outro investigador, por sua vez, sugeriu que os resultados relativamente a esta interação são particulares para cada ano. (Nafziger, 1994).

Deste modo, promover sementeiras no período certo é muito importante, caso a expectativa seja alta produção de milho (Anapalli et al, 2005). A obtenção de uma produção ótima é atribuída não só às especificidades da variedade de milho escolhida, mas também a uma data de sementeira apropriada, juntamente com o seguimento das práticas agrícolas aconselhadas para a cultura (Qureshi et al. ,2007).

A data de sementeira é um fator crítico para a obtenção de valores altos de radiação por parte das plantas, caso a humidade e os nutrientes do solo não estejam em défice (Ogobomo & Remison, 2009)

O desafio para os agricultores passa por decidir qual a variedade de polinização livre ou híbrido mais adequado a semear num cenário de mudança climática (Nielson et al., 2002). A identificação de uma variedade altamente produtiva e adaptada às mudanças climáticas é um fator-chave para a agricultura futura. O milho é uma cultura de primavera-verão e um atraso na data de sementeira limita a sua produtividade devido

ao tempo limitado que este terá para completar o seu ciclo de vida (Akmal et al., 2014; Hanif & Ali, 2014)

A seleção de variedades de milho adaptadas ao período de sementeira de cada região é uma mais-valia, além da sua adaptação à fertilidade do solo, aos regimes de temperaturas favoráveis e à rega (Ramankutty et al., 2002; Khan et al., 2009).

A sementeira precoce de culturas agrícolas proporciona mais dias de desenvolvimento vegetativo no ciclo da vida das plantas quando comparada com sementeiras tardias (Kharazamshahi et al., 2015). Outro estudo mostrou que sementeiras precoces proporcionam um maior índice de área foliar das plantas, o que se poderá dever a condições ambientais mais favoráveis para o crescimento vegetativo das plantas (Shah and Akmal et al., 2012)

Tanto a biomassa como a produção final do milho representam os segmentos produtivos mais importantes para os agricultores, seja qual for a finalidade do milho: para alimentação animal ou humana. A obtenção de valores de biomassa mais altos em sementeiras precoces é natural uma vez que a planta tem mais tempo para se desenvolver, isto é, culturas semeadas precocemente têm a oportunidade de aproveitar ao máximo a luz solar necessária para as horas térmicas requeridas para a produção de biomassa (Ali et al., 2015)

Num estudo conduzido no Paquistão, a biomassa foi significativamente afetada não só pelas variedades utilizadas como pela data de sementeira (Liaqat, Mohammad, & Jawad, 2018). Neste mesmo estudo, observou-se que, sementeiras precoces foram sinónimo de plantas mais saudáveis, o que por sua vez levou a maior produção de grãos por planta. Sementeiras tardias tiveram como resultado um decréscimo na sua biomassa, mas uma maior redução no peso dos grãos. Este resultado afeta o índice de colheita das variedades, isto é, a habilidade das variedades converterem massa seca em grãos de milho. (Dahmardeh, 2012)

Por outro lado, sementeiras precoces mostraram uma produção de grãos saudáveis (Liaqat, Mohammad, & Jawad, 2018), o que se poderá ter devido ao maior período que a planta teve para completar o tamanho e peso do grão. De facto, nas sementeiras precoces há uma melhor duração do enchimento do grão para acumulação de assimilados (Giunta et al., 2009; Shah et al., 2012).

Outro fator a ter em conta quando se fala em datas de sementeira, é a temperatura do ar. Este parâmetro é um agente ambiental crucial que determina as taxas de crescimento e desenvolvimento da planta. Diferentes genótipos podem-se comportar de maneira diferente sobre condições ambientais idênticas. O crescimento do milho é primeiramente influenciado pela temperatura do ar, sendo esta fundamental para melhorar o seu desenvolvimento desde a emergência até à maturação fisiológica

(Cutforth & Shaykewich, 1990). Um outro estudo mostrou que o crescimento da semente de milho pode ser diretamente influenciado pela temperatura do ar. Deste modo, diferentes datas de sementeira podem causar condições ambientais distintas desde a emergência ao enchimento da semente. (Muchow, 1990).

Noutro estudo, constatou-se que temperaturas altas reduzem o peso da semente na medida em que o período entre a antese e a senescência era encurtado (Akasha, 1968). No seguimento deste estudo, outro investigador afirmou que por se semear em diferentes datas numa determinada estação, a planta crescerá em diferentes cenários de temperatura (Fischer, 1985). Um outro estudo também apoia esta última afirmação, observando diferenças na temperatura para o crescimento, desenvolvimento e maturação do milho a partir da sementeira de cultivares em diferentes datas (Hongyong et al, 2007). Estes mesmos autores afirmaram que a produção de semente de milho (produtividade) aumentava com o atraso da colheita. Num estudo leva a cabo por outro autor, reportou-se que o peso da semente variava consoante as datas de sementeira (Andrade, 1995). Esta afirmação é corroborada por outro par de investigadores que observou que o peso da semente também era significativamente afetado pela data de sementeira (Killi & Altanbay, 2005).

A produtividade é o resultado da combinação de efeitos de todos as componentes da produção, sobre a influência de condições ambientais particulares. Num estudo levado a cabo no Irão, o atraso na sementeira do milho, diminuiu a produtividade devido à descida das temperaturas no final do ciclo de vida planta. (Dahmardeh, 2012)

Em suma, apesar de haver autores, supramencionados, que referem as vantagens de uma sementeira precoce, a relação entre a produtividade do milho forrageiro e data de sementeira do mesmo ainda não foi estabelecida para o local de estudo em questão.

4. Material e Métodos

4.1. Localização e caracterização edafoclimática do ensaio

O ensaio teve lugar numa área ao ar livre (41°19'38.3"N 8°40'33.5"O) no Campus Agrário da Universidade do Porto localizado na união das freguesias de Fornelo e Vairão, no concelho de Vila do Conde, tendo o seu início na primeira quinzena de março e término na segunda quinzena de setembro de 2019.

O clima do local de estudo caracteriza-se por ser temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente (Csb) (Koppen, 1936) (Figura 2). A temperatura média anual, baseada nas normais climatológicas de 1961 a 1990, para o local de ensaio, situa-se entre os 14,1° C e os 15°C (IPMA, 2019) (Figura 3). A monitorização da temperatura e humidade relativa do ar, mensais, foi efetuada pelo sensor *Sensohive Orbit-3 c/ Shield Solar*. Os valores registados durante o estudo, para estas variáveis, encontram-se na figura 5. No que toca à precipitação acumulada anual o valor encontra-se entre os 1201 mm e os 1400mm (normais climatológicas de 1961/90), segundo (IPMA, 2019) (Figura 4). Todavia, como neste tipo de clima (mediterrâneo) a pluviosidade não se encontra maioritariamente distribuída no período estival (Koppen, 1936) houve necessidade de se instalar um sistema de rega, cujas especificações se encontram na página vinte. Quanto ao tipo de solos, a região onde se insere o estudo é caracterizada por solos do tipo cambissolos (FAO, 1997), isto é, solos pouco evoluídos formados a partir de rochas não calcárias, que têm um horizonte câmbico e um horizonte de diagnóstico A úmbrico ou ócrico ou um horizonte A mólico que assenta sobre um B câmbico. Aparecem, sobretudo, na faixa litoral, associados, fundamentalmente, a rochas graníticas e rochas detríticas (Monteiro, et al., 2005). O terreno onde se efetuou o estudo encontrava-se em pousio há cerca de dez anos.

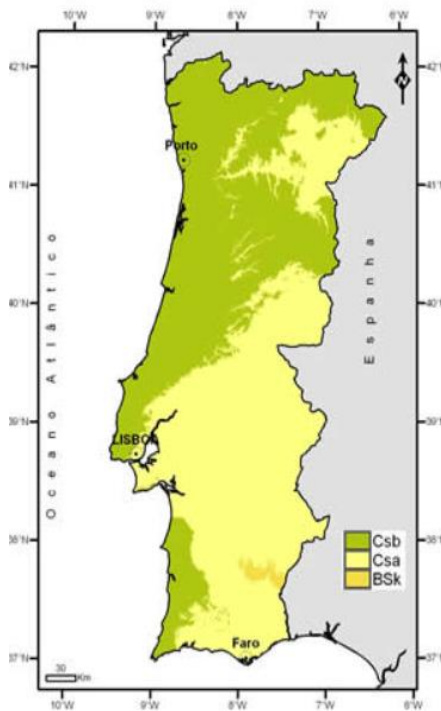


Figura 2. Classificação climática Köppen-Geiger, em Portugal Continental. Fonte: (Köppen, 1936)

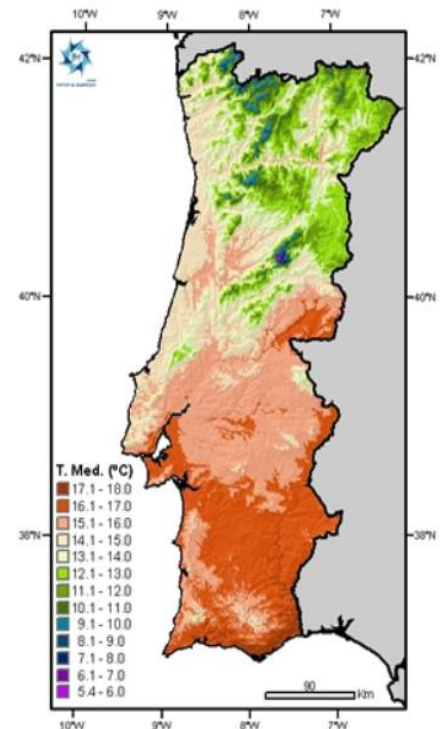


Figura 3. Temperatura média anual. Fonte: (IPMA, 2019)

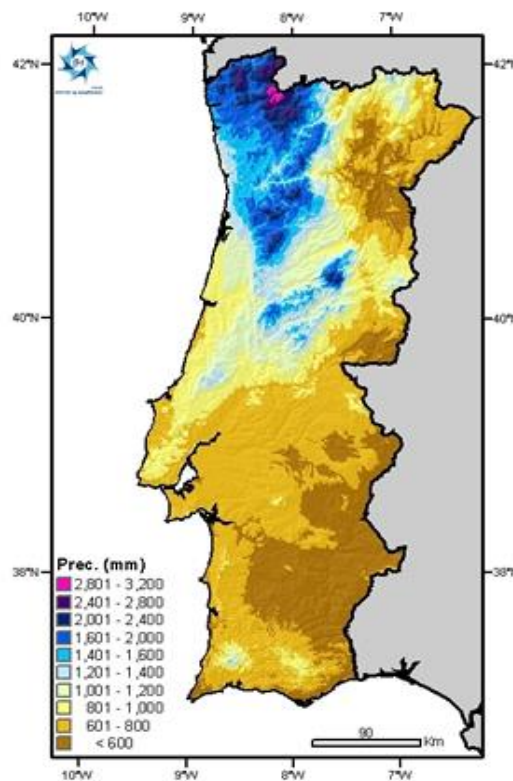


Figura 4. Precipitação acumulada anual. Fonte: (IPMA, 2019)

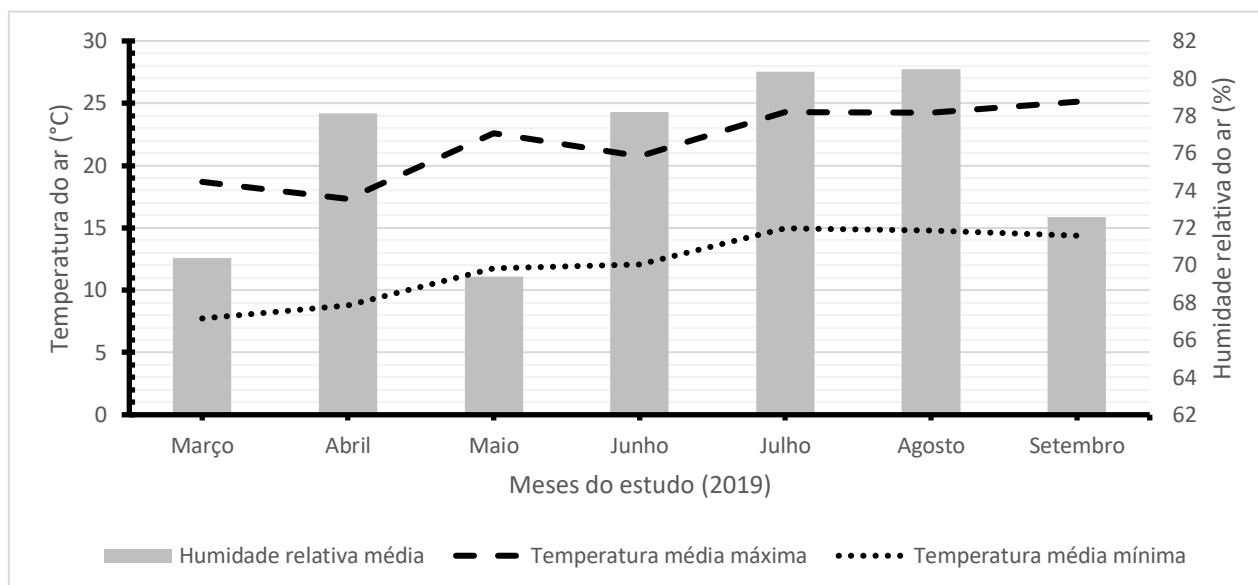


Figura 5. Representação gráfica da variação da temperatura (°C) e da humidade relativa do ar (%) ao longo do ensaio. Fonte: sensor Sensohive Orbit-3 c/ Shield Solar.

4.2. Implementação do ensaio

Este estudo obedeceu a um delineamento em *split-plot*, em que as cinco épocas de sementeira (Figura 6) constituíram a parcela principal e as três variedades de milho a subparcela, com três repetições. As variedades de milho utilizadas foram: V1-BPGV06592 (ciclo longo – FAO 600); V2-Belgrano (ciclo curto – FAO 200) e V3-Anjou (ciclo intermédio – FAO 400). Cada subparcela era constituída por três linhas de 2 m de comprimento (Figura 7) e 10 plantas por linha. O compasso foi de 20 cm entre plantas e 70 cm entre linhas, o equivalente a uma densidade de sementeira de 71 000 plantas/ha.





Figura 8. Aspeto geral da área do ensaio após mobilização profunda, com a charrua de aivecas.

À posteriori, com a ajuda de uma sachola e um ancinho delimitou-se o espaço para cada talhão e procedeu-se à sua sementeira, manualmente (Figura 9).

Na medida em que foram necessários, adotaram-se os tratos culturais e o controlo fitossanitário recomendados para a cultura, nomeadamente a aplicação de herbicida sistémico em pós-emergência (mistura de mesotriona, s-metolaclo-ro e terbutilazina; dose de aplicação: 4L/ha) para controlo de infestantes gramíneas e dicotiledóneas quando o milho se encontrava entre os estádios V4 e V8 (Figura 10).



Figura 9. 1: Ferramentas agrícolas utilizadas; 2: Delimitação do espaço para cada talhão; 3: Realização da sementeira manualmente.



Figura 10. Aplicação de herbicida em pós-emergência.

Além disso, foi instalado um sistema de rega localizada (Figura 11), “gota-a-gota”, que, eventualmente, suprisse as necessidades hídricas das plantas de milho de todas as épocas de sementeira.



Figura 11. Instalação do sistema de rega deficitária.

Durante o ensaio, também se procedeu a uma adubação de cobertura de 50g/m² com um adubo sólido (grânulos) solúvel composto *NPK* “14-7-14”, junto ao pé da planta na fase de milho V8, “joalheiro”. (Figura 12)



Figura 12. Adubação de cobertura em estágio vegetativo V8.

A colheita foi realizada manualmente, quando mais de 50% das plantas do subtalhão se encontravam no estágio reprodutivo de grão pastoso (R3) (Figura 13), com o auxílio de utensílios de corte, sobre as plantas na linha central de cada subparcela.



Figura 13. Espiga de milho, colhida em R3.

Neste estudo percebeu-se, logo na primeira época de sementeira, que a permanência do milho no campo para além da fase de grão pastoso era sinónimo de ataques de pássaros (Figura 14) pelo que se optou por colher sempre (em todas as épocas de sementeira) nesta fase de modo a manter a coerência do ensaio. Assim sendo, a colheita realizou-se sempre 20 dias após o aparecimento dos estigmas (R1).



Figura 14. Espiga, na planta, atacada por pássaros.

4.3. Parâmetros Agronómicos

4.3.1. *Registo de dados*

Durante o estudo, procedeu-se à recolha quinzenal de dados referentes ao crescimento e desenvolvimento da cultura, na linha central de cada subparcela. Para a recolha dos dados de cariz agronómico, mediu-se a altura das plantas e registou-se os estados fenológicos, em três plantas escolhidas aleatoriamente.

4.3.1.1. Altura das Plantas

Relativamente ao parâmetro “altura da planta” observou-se 225 unidades amostrais para cada variável independente, e de acordo com o nível de cada variável obteve-se o subtotal de observações para cada nível. Deste modo, a divisão das observações para cada variável independente foi a seguinte: 45 para cada Época de Sementeira e para Semanas, 75 para cada Repetição bem como para cada Variedade de Milho. (Tabela 1)

Tabela 1. Número de observações para cada variável independente.

Variável Independente	Nível	Subtotal de observações	Total de Observações
E.S.	1	45	225
	2	45	
	3	45	
	4	45	
	5	45	
R	1	75	225
	2	75	
	3	75	
V	1	75	225
	2	75	
	3	75	
S	1	45	225
	2	45	
	3	45	
	4	45	
	5	45	

E.S.1-13/03/2019; E.S. 2 -03/04/2019; E.S.3-24/04/2019; E.S.4-15/05/2019; E.S. 5-05/06/2019

V1 – BPGV06592; V2 – Belgrano; V3 – Anjou.

S1: estágio fenológico V4; S2: estágio fenológico V7; S3: estágio fenológico V10; S4: estágio fenológico V12; S5: estágio fenológico VT.

Os estádios de crescimento e desenvolvimento do milho estão divididos em duas categorias: vegetativos e reprodutivos (Figura 15). Os estádios vegetativos vão desde a emergência da planta até ao aparecimento do pendão (VE, Vn, VT) e os estádios reprodutivos são os seguintes: aparecimento dos estigmas (“barbas”) (R1), grão aquoso (R2), grão pastoso (R3), grão pastoso (R4), formação do dente e da sua “linha de leite” – fase de transição do estágio pastoso para o farináceo com consequente acumulação de amido – e maturação fisiológica (R6). A monitorização do crescimento das plantas foi feita a partir do estágio vegetativo V4 (aparecimento de quatro folhas com o colar destacado do colmo, isto é, amarelecido) até ao estágio fenológico VT (aparecimento do pendão), fase em que a planta atinge o máximo desenvolvimento e crescimento.

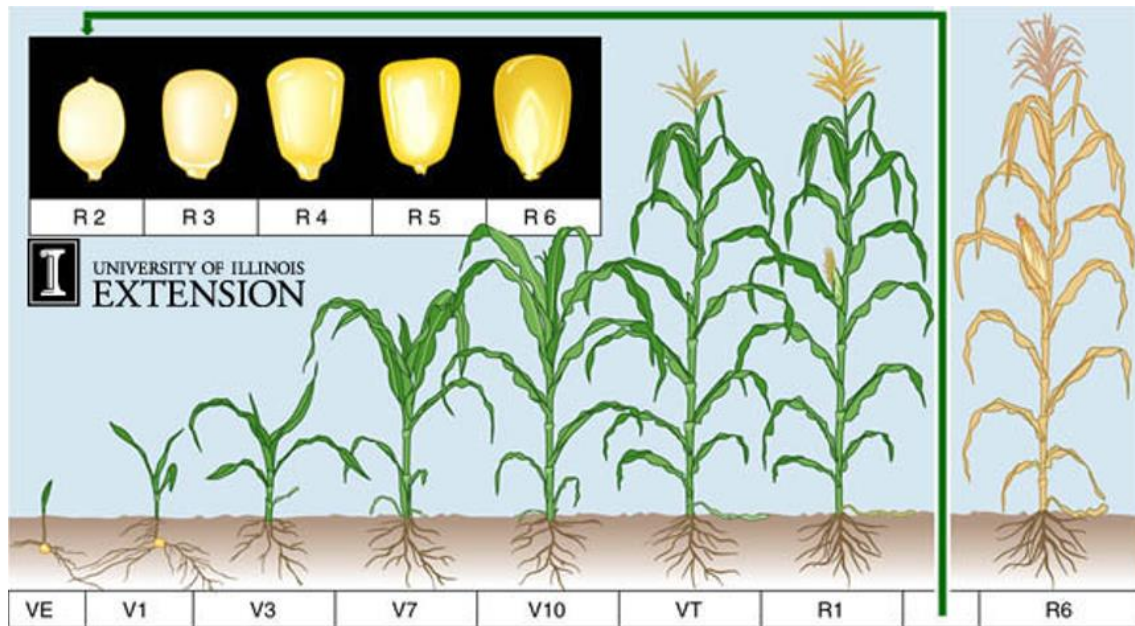


Figura 15. Estádios fenológicos do ciclo cultural do milho.

Fonte: imagem disponibilizada pelo serviço de extensão agrícola da Universidade de Illinois.

4.3.1.2. Dados de Produção

No estudo dos parâmetros agronômicos inframencionados (produtividade, I.C e altura de inserção da espiga) observou-se 45 unidades amostrais para cada variável independente e, de acordo com o nível de cada variável obteve-se o subtotal de observações para cada nível. Por conseguinte, a divisão das observações foi: 9 para Época de Sementeira e 15 para Repetição assim como para Variedade de Milho (Tabela 2).

Tabela 2. Número de observações para cada variável independente.

Variável Independente	Nível	Subtotal de observações	Total de Observações
E.S.	1	9	45
	2	9	
	3	9	
	4	9	
	5	9	
R	1	15	45
	2	15	
	3	15	
V	1	15	45
	2	15	
	3	15	

E.S.1-13/03/2019; E.S. 2 -03/04/2019; E.S.3-24/04/2019; E.S.4-15/05/2019; E.S. 5-05/06/2019

V1 – BPGV06592; V2 – Belgrano; V3 – Anjou.

No momento da colheita, as plantas de milho da linha central, de cada subtalhão, foram cortadas rentes ao solo, e efetuados os registos de: número de plantas colhidas, peso total das plantas (Figura 16), número e o peso das espigas (matéria verde + espigas) assim como sobre o peso total das espigas.



Figura 16. Pesagem da planta, em verde.

- Produtividade da cultura

Para o cálculo deste parâmetro recorreu-se à seguinte fórmula:

$$Rendimento \left(\frac{ton}{ha} \right) = \frac{n^{\circ} plantas}{\text{área}} \times \frac{n^{\circ} espigas}{planta} \times \text{peso espiga}$$

- Índice de colheita da cultura (I.C)

Relativamente ao cálculo do I.C, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$I.C (\%) = \frac{\text{massa total das espigas}}{\text{massa total da planta}} \times 100$$

É necessário referir que, tanto a produtividade como o índice de colheita foram influenciados, sobretudo, por estas duas externalidades: infestantes e pragas. De facto, na segunda e terceira épocas houve um controlo mais tardio das infestantes o que possibilitou que houvesse uma competição das mesmas com o milho, por fatores de produção como água, nutrientes e luz. A terceira época de sementeira foi bastante fustigada pela broca, *Sesamia nonagrioides*. (Figuras 17 e 18).



Figura 17. Ataque de *Sesamia nonagrioides* na espiga.



Figura 18. Ataque severo de *Sesamia nonagrioides* no colmo e folhas das plantas de milho.

4.3.1.3. Altura de inserção da espiga de milho (A.I.E)

A A.I.E foi medida, com uma fita métrica convencional, aquando das colheitas. Este parâmetro foi medido em três plantas da linha central de cada subparcela, calculando-se a média das mesmas.

4.4. Parâmetros Fisiológicos

Na análise destes parâmetros (taxa fotossintética, condutância estomática e taxa de transpiração) observou-se 90 unidades amostrais para cada variável independente, e de acordo com o nível de cada variável obteve-se o subtotal de observações para cada nível. Deste modo, a divisão das observações foi a seguinte: 18 para a Época de Sementeira, 30 para Variedade de Milho e Repetição, simultaneamente e 45 para Momento (Tabela 3).

Tabela 3. Número de observações para cada variável independente.

Variável Independente	Nível	Subtotal de observações	Total de Observações
E.S.	1	18	90
	2	18	
	3	18	
	4	18	
	5	18	
R	1	30	90
	2	30	
	3	30	
V	1	30	90
	2	30	
	3	30	
M	1	45	90
	2	45	

E.S.1-13/03/2019; E.S. 2 -03/04/2019; E.S.3-24/04/2019; E.S.4-15/05/2019; E.S. 5-05/06/2019

V1 – BPGV06592; V2 – Belgrano; V3 – Anjou.

M1: estágio fenológico VT; M2: estágio fenológico R3.

Para a recolha de dados, recorreu-se ao uso do *IRGA* (*Infra-red gas analyzer*), mais precisamente ao aparelho *LCpro-SD* da empresa inglesa *ADC BioScientific Ltd* (Figura 19) tendo-se efetuado registos da taxa fotossintética, da condutância estomática e da taxa de transpiração.



Figura 19. IRGA LCpro-SD, ADC BioScientific Ltd.

Concretamente, a recolha destes dados foi obtida na folha bandeira (da futura-espiga ou da espiga, dependendo do momento de medição), de duas plantas de milho escolhidas aleatoriamente, na linha central de cada subparcela, em dois momentos (Sun, et al., 2018): no aparecimento do pendão (VT; Figura 20) e na formação do grão pastoso (R3). As medições, em ambos os momentos, foram sempre efetuadas durante a manhã, entre as nove e as doze horas.



Figura 20. Medição das plantas, em VT.

A câmara do IRGA foi ajustada para uma temperatura de 25° centígrados, uma concentração de dióxido de carbono de 360 M/mol (CO₂) e uma densidade de fluxo-fotão fotossintético de 800 M/m/s (Sun et al., 2018). Para se efetuar a medição, a folha de milho pretendida era inserida dentro de uma câmara transparente, fazendo-se passar ar sobre a mesma (através de uma ventoinha montada no analisador) e medindo-se, desse modo, a concentração de dióxido de carbono após a passagem pela câmara (Figura 21).

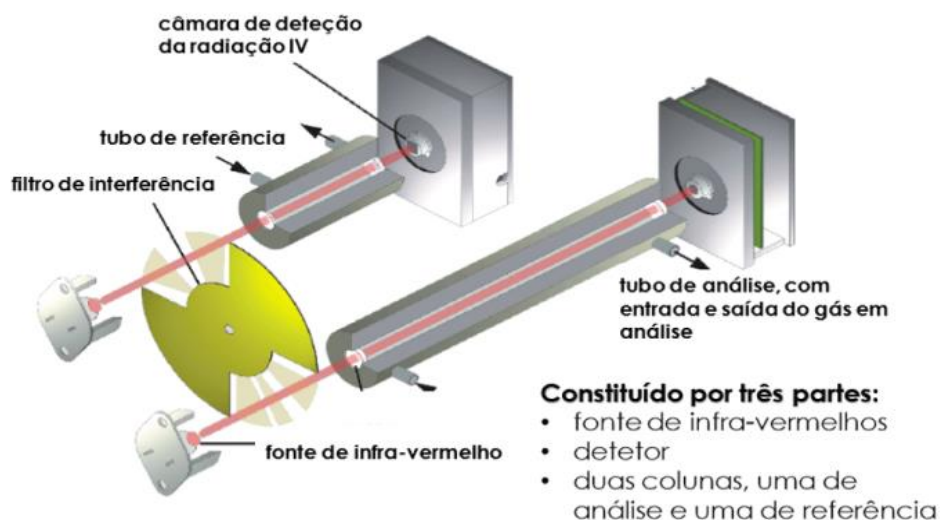


Figura 21. Esquema geral de um IRGA. Fonte: (Carvalho, 2014).

4.5. Análise Estatística

Os dados foram submetidos a processamento estatístico com o emprego do programa SAS (*Statistical Analysis System*). Mediante o mesmo procurou-se comprovar a distribuição normal dos dados em cada variável, realizando-se análises de variância (ANOVA), para avaliar o efeito das datas de sementeira e das variedades nos parâmetros fisiológicos e agronómicos propostos para estudo. Quando se verificou efeitos ou interações significativas entre as variáveis dependentes, realizou-se o teste de Duncan para comparação de médias ($\alpha = 0,05$).

5. Resultados

Durante o estudo foram calculados (cariz agronómico) e fornecidos (cariz meteorológico) dados fundamentais para melhor se tentar perceber aquilo que realmente se passou durante o ensaio, isto é, de que maneira é que a humidade relativa do ar e a temperatura do ar influenciaram o comportamento das plantas ao longo das cinco épocas de sementeira (Tabela 4).

Tabela 4. Dados agronómicos e meteorológicos referentes ao estudo realizado, em 2019.

Época de Sementeira	Data de Sementeira	Humidade relativa do ar (%)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Data de Floração			Floração (DAS)			Data de Colheita			Ciclo (dias)		
					V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
ES1	13/03	78,63	3,6	14,8	27/06	27/06	27/06	106	106	106	17/07	17/07	17/07	126	126	126
ES2	03/04	68,17	4,5	14,6	06/07	29/06	29/06	95	88	88	26/07	19/07	19/07	115	108	108
ES3	24/04	83,98	7,9	14,9	17/07	13/07	10/07	85	81	78	06/08	02/08	30/07	105	101	98
ES4	15/05	78,73	10,1	21,1	03/08	23/07	23/07	80	69	69	23/08	12/08	12/08	100	89	89
ES5	05/06	77,88	10,2	18,3	31/08	13/08	22/08	87	69	68	20/09	02/09	11/09	107	89	98

5.1. Efeito da Época de sementeira

5.1.1. Altura da Planta de Milho

Dos resultados da análise estatística da variável altura das plantas verificaram-se diferenças significativas ($p < 0.005$) nos seguintes grupos: Época de Sementeira, Variedade de Milho e Semana.

Na figura 22 compara-se as médias das alturas das plantas em cinco épocas de sementeira. Os resultados indicaram uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as épocas sendo que a média das épocas um (E.S.1: $1,1 \pm 0,51$ m), dois (E.S.2: $1,2 \pm 0,47$ m) e três (E.S.3: $1,3 \pm 0,47$ m) foi muito idêntica. As épocas quatro (E.S.4: $1,6 \pm 0,49$ m) e cinco (E.S.5: $1,9 \pm 0,53$ m), também elas equiparadas em termos de médias, apresentaram melhores resultados relativamente à variável dependente em questão.

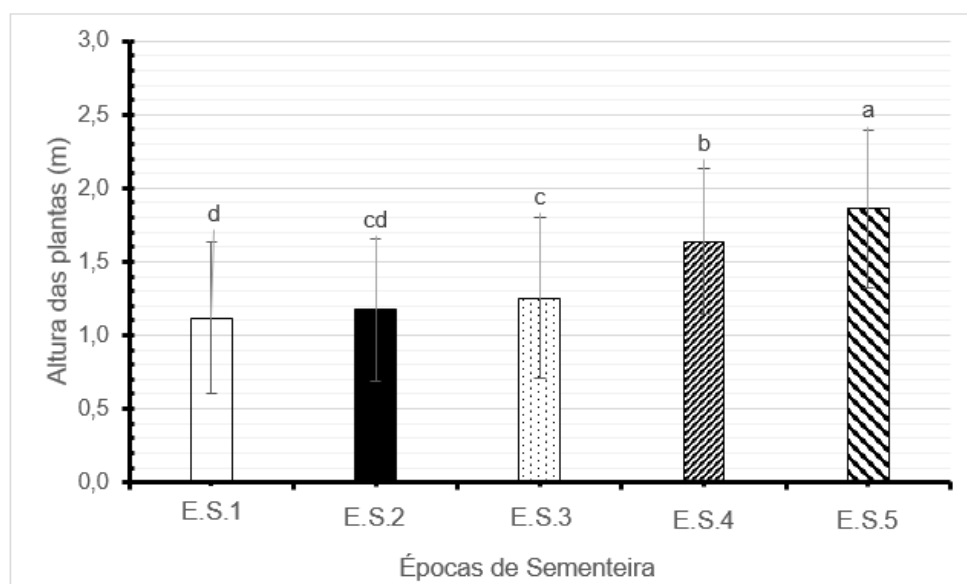


Figura 22. Comparação da altura das plantas (m) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira—barras classificadas pela mesma letra (a, b, c ou d) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.

5.2. Efeito da Variedade de Milho

5.2.1. Altura da Planta de Milho

No que diz respeito a esta variável dependente, houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre variedades de milho, algo que pode ser comprovado pela análise da figura 23 que ilustra a comparação de médias para este parâmetro. A variedade BPGV06592 (V1: $1,53 \pm 0,52$ m) apresentou valores médios mais altos ($p < 0,05$) para a altura das plantas. Todavia, o mesmo já não se passou com a variedade Anjou (V3: $1,27 \pm 0,67$ m) que ficou aquém ($p < 0,05$) quando comparada com a variedade Belgrano (V2: $1,42 \pm 0,52$ m).

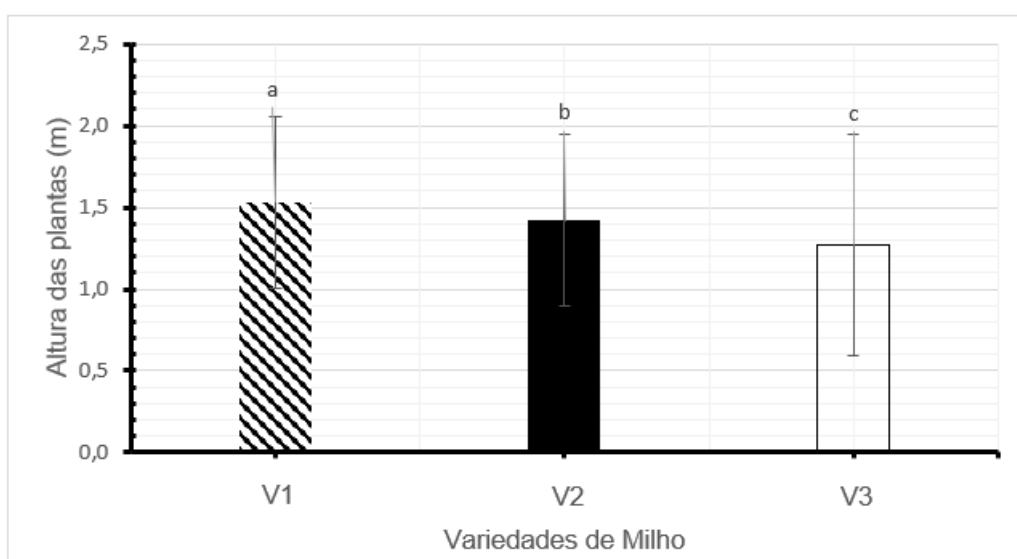


Figura 23. Comparação da altura das plantas (m) pela média e desvio padrão em três variedades de milho – barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.

5.3. Efeito da Semana

5.3.1. Altura da Planta de Milho

Tal como sugere a figura 24, que compara a média da altura das plantas ao longo de cinco semanas (S1: $0,79 \pm 0,32$ m; S2: $1,11 \pm 0,39$ m; S3: $1,46 \pm 0,43$ m; S4: $1,74 \pm 0,45$ m; S5: $1,91 \pm 0,47$ m) os resultados indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todas elas.

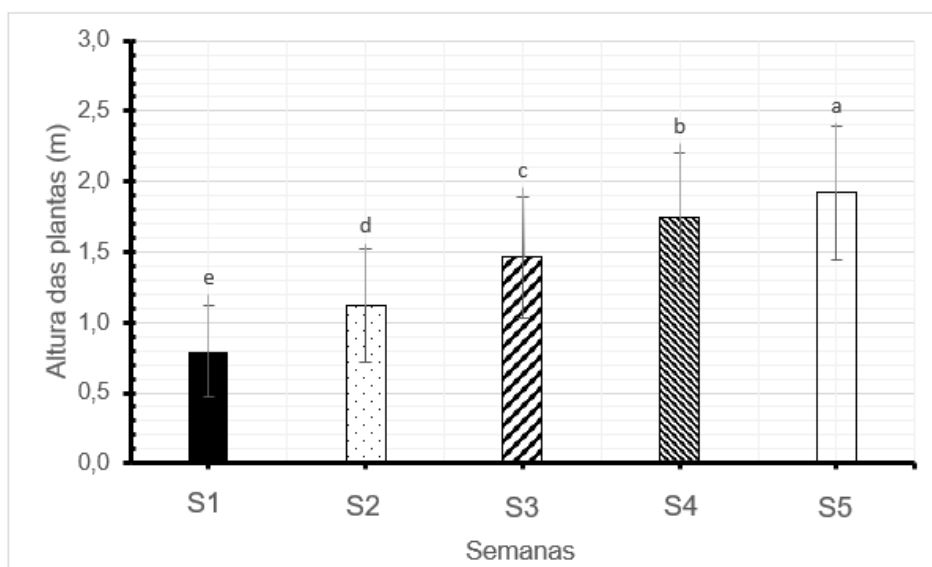


Figura 24. Comparação da altura das plantas (m) pela média e desvio padrão em cinco semanas de registo de dados – barras classificadas pela mesma letra (a, b, c, d ou e) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). S1: estágio fenológico V4; S2: estágio fenológico V7; S3: estágio fenológico V10; S4: estágio fenológico V12; S5: estágio fenológico VT.

5.4. Efeito da Interação entre Época de Sementeira e Variedade de Milho

5.4.1. Altura da Planta

Nas análises das interações entre as variáveis independentes o estudo constatou uma interação significativa. Caracterizando-a da seguinte forma: significância para a variável dependente altura das plantas na interação: Época de Sementeira com Variedade de Milho (Figura 25).

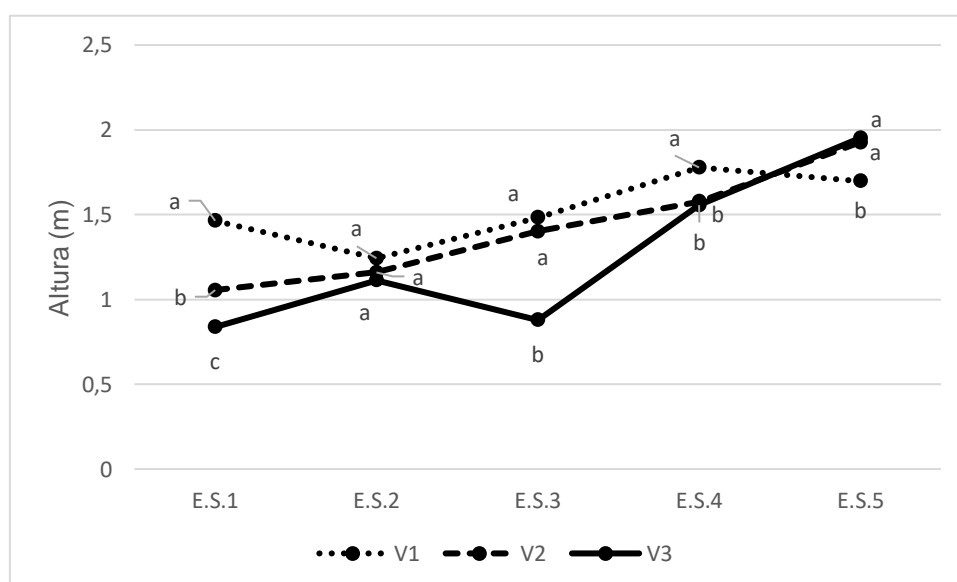


Figura 25. Efeito da interação entre as variáveis "variedades de milho" e "épocas de sementeira" para a altura das plantas (m). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019. V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou

5.5. Produtividade, Índice de Colheita e Altura de Inserção da Espiga

Dos resultados da análise das seguintes variáveis: produtividade, índice de colheita e altura de inserção da espiga, o estudo verificou diferenças significativas nos seguintes grupos: Época de Sementeira para todas as variáveis dependentes; Variedade de Milho para todas as variáveis dependentes.

5.5.1. Efeito da Época de Sementeira

5.5.1.1. Produtividade

As plantas de milho (Figura 26) semeadas em meados de março (E.S.1=10,5±3,9 t/ha) tiveram menor produtividade ($p<0,05$) do que as que foram semeadas no início de Abril (E.S.2=15,6±2,9 t/ha) ou depois de meados de Maio (E.S.4=18±4,4 t/ha; E.S.5=17,2±3,9 t/ha). Contudo, as plantas de milho semeada nos fins de abril (E.S.3=13,1±2,7 t/ha) tiveram uma produtividade médio semelhante ao das plantas semeadas em meados de março (E.S.1=10,5±3,9 t/ha) ou no início de abril (E.S.2=15,6±2,9 t/ha).

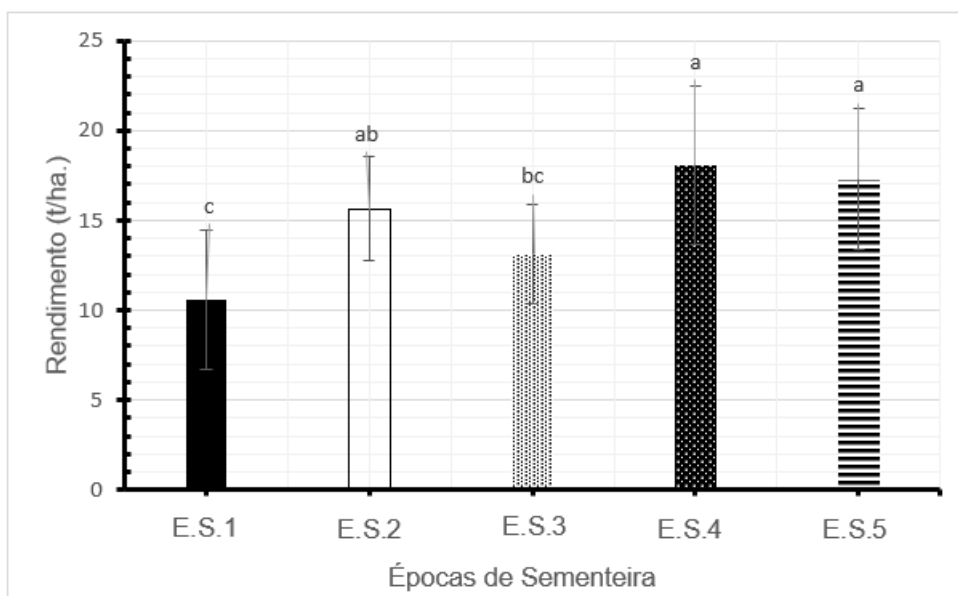


Figura 26. Comparação da produtividade (t/ha) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira—barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$).
E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.

5.5.1.2. Índice de Colheita

O valor médio do Índice de Colheita nas plantas de milho (Figura 27) semeadas entre meados de março (E.S.1=50,25±5,45%), início de abril (E.S.2=51,48±7,86%) e meados de abril (E.S.3=53,75±3,72%) foi superior ($p<0,05$) ao das plantas semeadas entre meados de maio (E.S.4=44,96±9,08%) e início de junho (E.S.5=44,42±5,82%).

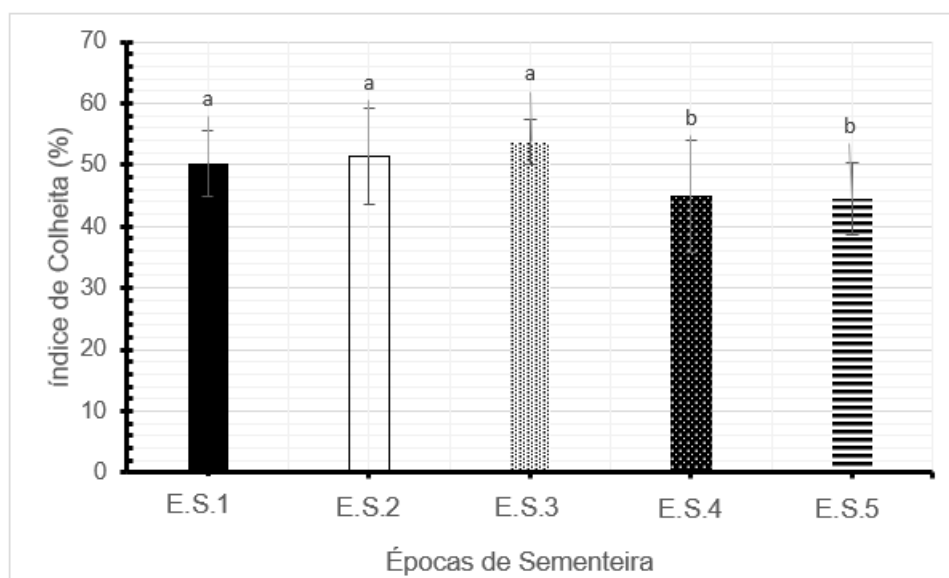


Figura 27. Comparação do índice de colheita (%) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira—barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.

5.5.1.3. Altura de Inserção da Espiga (AIE)

O valor médio da AIE nas plantas de milho (Figura 32) semeada em meados de março (E.S.1=54,70±29,26 cm) foi inferior ($p<0,05$) ao das plantas semeadas a partir do início de abril. Não se encontraram diferenças significativas ($p<0,05$) no valor médios da AIE nas plantas de milho semeadas entre o início de abril (E.S.2=69,46±22,87 cm) e fins de abril (E.S.3=74,26±21,12 cm). As plantas de milho semeadas entre meados de maio (E.S.4=104,44±26,98 cm) tiveram menor ($p<0,05$) AIE do que as plantas semeadas no início de junho (E.S.5=127,79±22,45 cm).

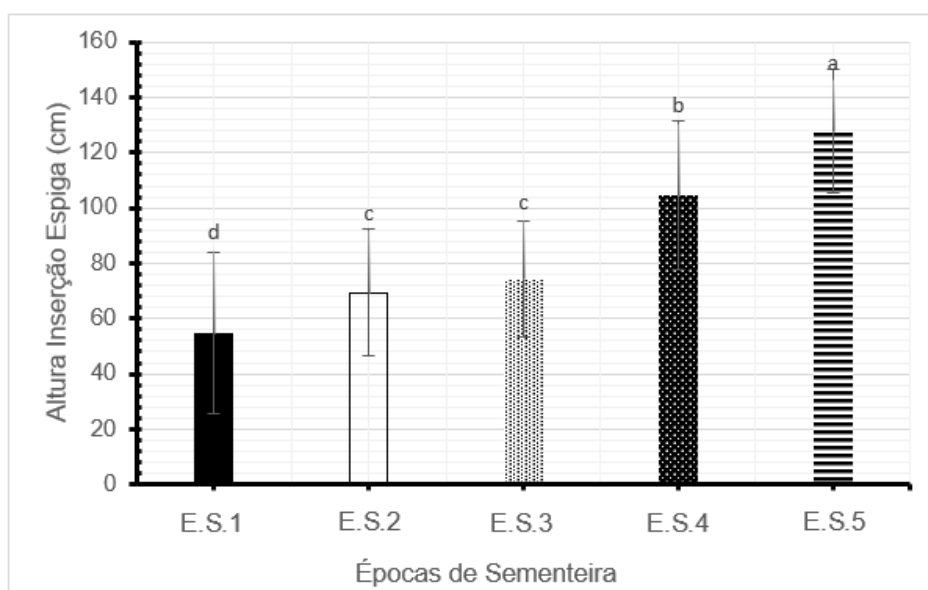


Figura 28.Comparação da altura de inserção da espiga (cm) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira—barras classificadas pela mesma letra (a, b, c ou d) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019 E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.

5.5.2. Efeito da Variedade

5.5.2.1. Produtividade

A variedade de milho (Figura 29) de ciclo longo (V1=17,3±4,5 t/ha) atingiu um produtividade superior ($p<0,05$) ao das variedades de ciclo medio e curto, mas não se encontraram diferenças significativas ($p<0,05$) entre as variedades de ciclo médio (V3=14,4±4,72 t/ha) e de ciclo curto (V2=13,1±3,17 t/ha).

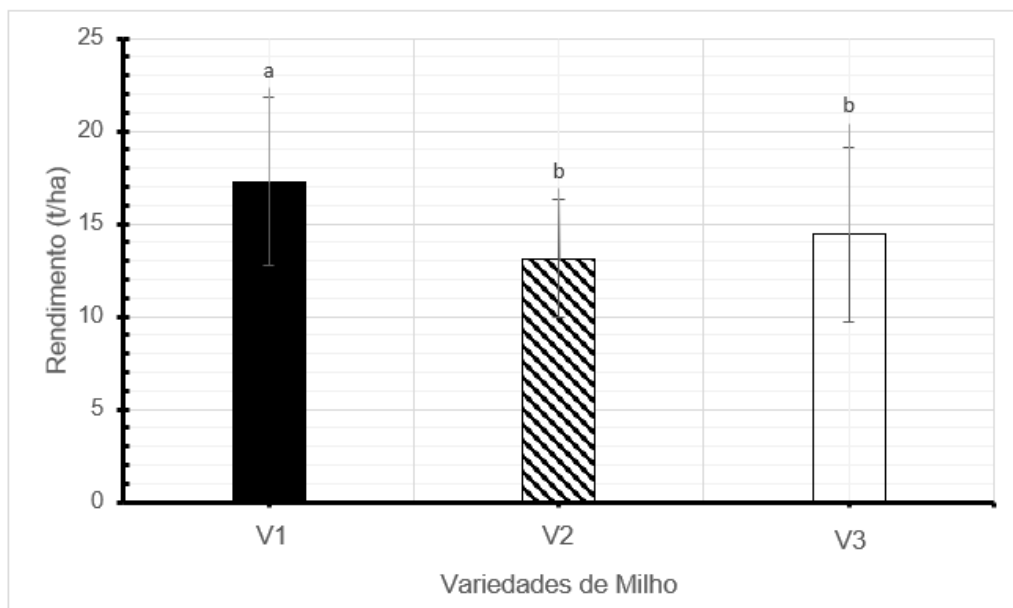


Figura 29. Comparação da produtividade (t/ha) pelas médias e desvio padrão em três variedades de milho- barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou

5.5.2.2. Índice de Colheita

A variedade de milho (Figura 30) de ciclo longo (V1=42,8±7,12 %) teve um índice de colheita inferior ($p<0,05$) em relação às outras duas variedades, tendo a variedade de ciclo curto (V2=54,41±4,78 t/ha) atingido um valor superior ($p<0,05$) ao da variedade de ciclo médio (V3=49,71±4,84 t/ha).

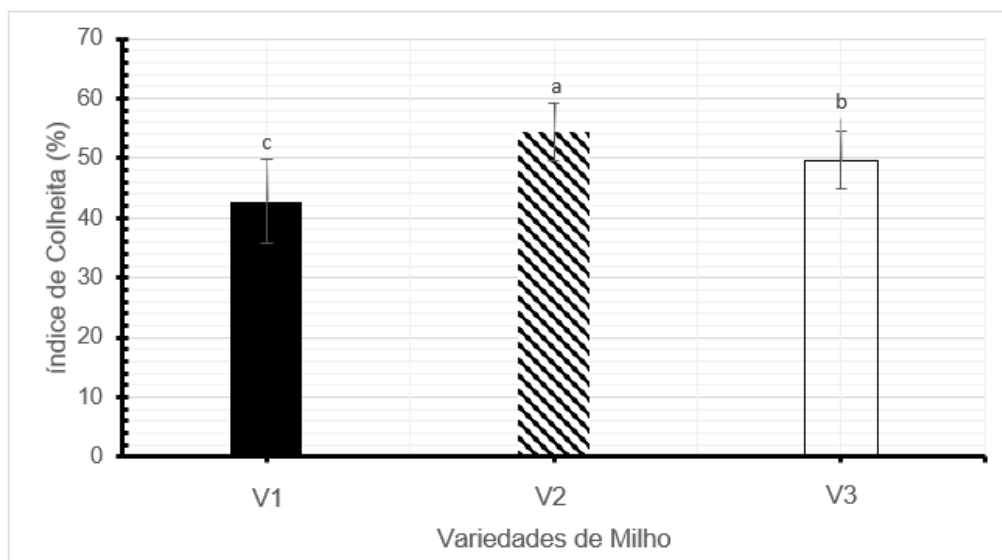


Figura 30. Comparação do índice de colheita (%) pela média e desvio padrão em três variedades de milho—barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou

5.5.2.3. Altura de Inserção da Espiga

O valor médio da AIE nas plantas de milho (Figura 31) da variedade de ciclo longo (V1=117,3±27,26 cm) foi cerca de 42cm superior ($p<0,05$) ao das plantas da variedade de ciclo curto (V2=75,4±27,04 cm) e de 52 cm superior ($p<0,05$) ao das plantas da variedade de ciclo médio (V3=65,7±29,9 cm). O valor médio da AIE entre as plantas das variedades de ciclo curto e médio foi de cerca de 10cm.

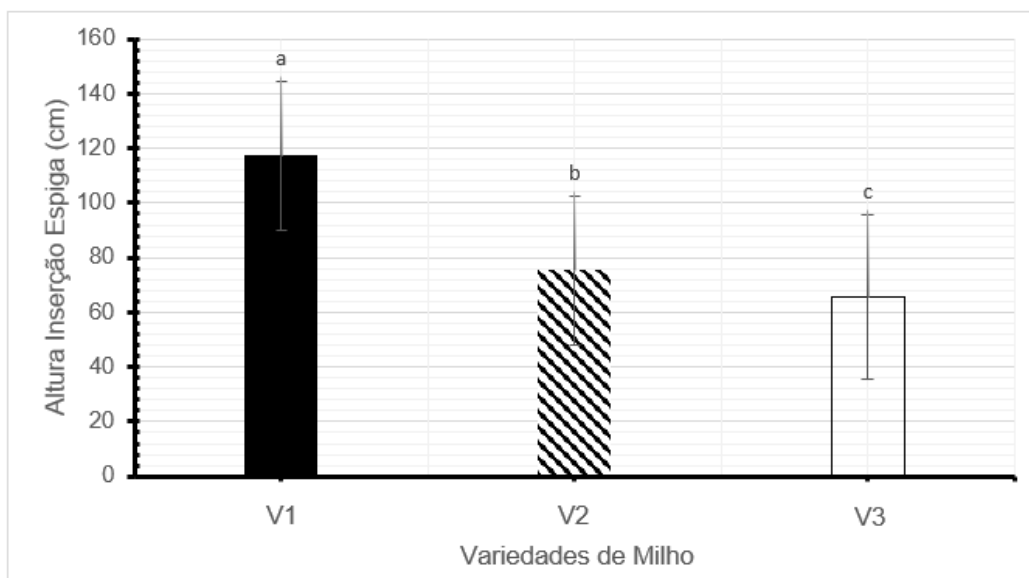


Figura 31. Comparação da altura de inserção da espiga (cm) pela média e desvio padrão em três variedades de milho—barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p<0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.

5.5.3. Efeito da Interação entre Época de Sementeira e Variedade de Milho

5.5.3.1. Produtividade

No que diz respeito à análise das interações entre as variáveis independentes, o estudo constatou uma interação significativa: Época de Sementeira com a Variedade de Milho para a produtividade ($p < 0,05$) (Figura 32).

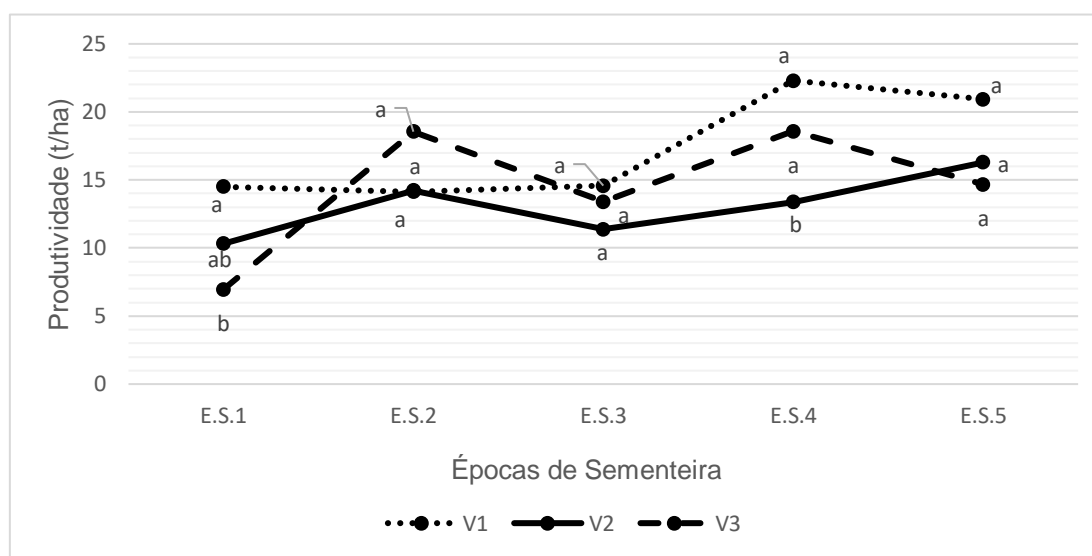


Figura 32. Representação gráfica do efeito da interação entre as variáveis “variedades de milho” e “épocas de sementeira” para a produtividade (t/ha). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019. V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.

5.6. Taxa Fotossintética, Condutância Estomática e Taxa de Transpiração

Dos resultados da análise estatística das variáveis: taxa fotossintética, condutância estomática e taxa de transpiração, o estudo verificou diferenças significativas ($p < 0.05$) nos seguintes grupos: Época de Sementeira para todas as variáveis dependentes, Variedade de Milho apenas para a taxa fotossintética e Momento para todas as variáveis dependentes consideradas.

5.6.1. Efeito da Época de Sementeira

5.6.1.1. Taxa Fotossintética

Não se encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) no valor médio da taxa fotossintética nas plantas de milho (Figura 33) semeadas entre meados de março (E.S.1= $23,0 \pm 8,46 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) e início de abril (E.S.2= $20,94 \pm 6,85 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$). O valor médio da taxa fotossintética nas plantas de milho semeadas no fim de abril (E.S.3= $16,57 \pm 6,60 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) foi igual ($p < 0,05$) ao do milho semeado no início de junho (E.S.5= $17,8 \pm 3,47 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$). O valor mais baixo ($p < 0,05$) foi medido nas plantas de milho semeado em meados de maio (E.S.4= $12,83 \pm 7,53 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$).

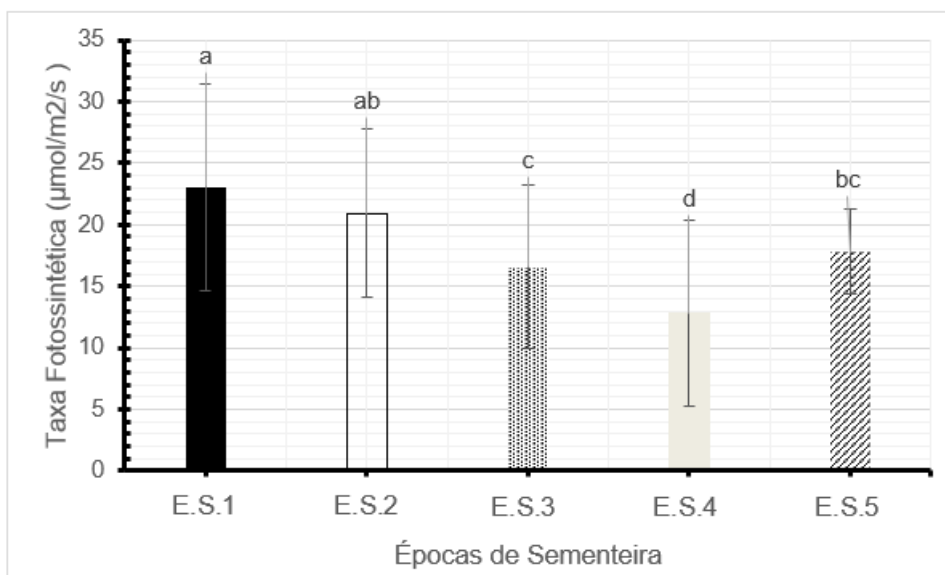


Figura 33. Comparação da taxa fotossintética ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira – barras classificadas pela mesma letra (a, b, c ou d) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.

5.6.1.2. Condutância Estomática

Não se encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) no valor médio da condutância estomática nas plantas de milho (Figura 34) semeadas entre meados de março (E.S.1= $0,21 \pm 0,07$ mol/m²/s) e início de abril (E.S.2= $0,18 \pm 0,07$ mol/m²/s). O valor médio da condutância estomática nas plantas de milho semeadas no fim de abril (E.S.3= $0,17 \pm 0,06$ mol/m²/s) foi igual ($p < 0,05$) ao do milho semeado no início de junho (E.S.5= $0,15 \pm 0,05$ mol/m²/s), que por sua vez foi igual ($p < 0,05$) ao valor medido nas plantas de milho semeado em meados de maio (E.S.4= $0,12 \pm 0,08$ mol/m²/s).

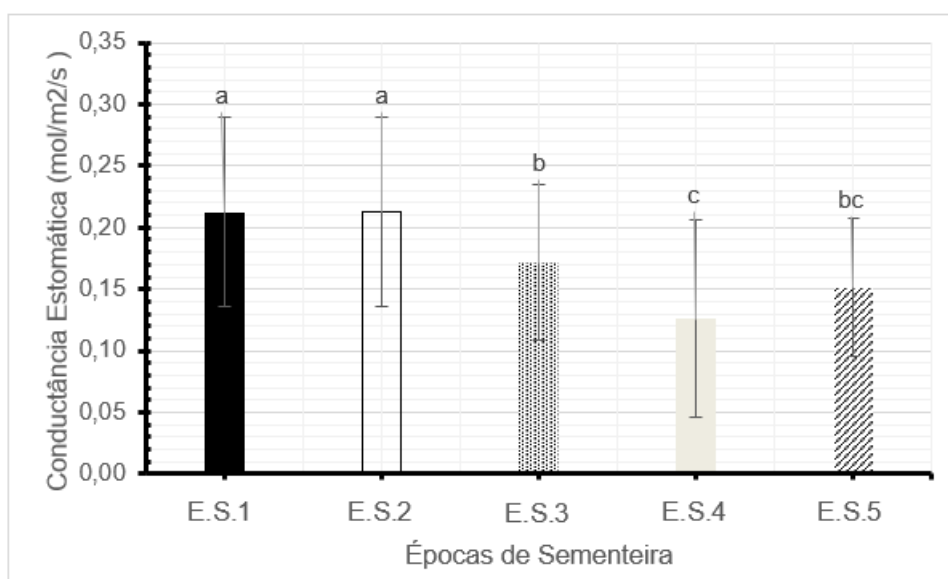


Figura 34. Comparação da condutância estomática (mol/m²/s) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira – barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.

5.6.1.3. Taxa de Transpiração

Não se encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) no valor médio da taxa de transpiração nas plantas de milho (Figura 35) semeadas entre meados de março (E.S.1= $2,28 \pm 0,52$ mol/m²/s), início de abril (E.S.2= $2,43 \pm 0,74$ mol/m²/s) e fins de abril (E.S.3= $2,09 \pm 0,59$ mol/m²/s). O valor médio da taxa de transpiração nas plantas de milho semeadas em meados de abril (E.S.4= $1,60 \pm 0,82$ mol/m²/s) foi superior ($p < 0,05$) ao do milho semeado no início de junho (E.S.5= $1,03 \pm 0,72$ mol/m²/s).

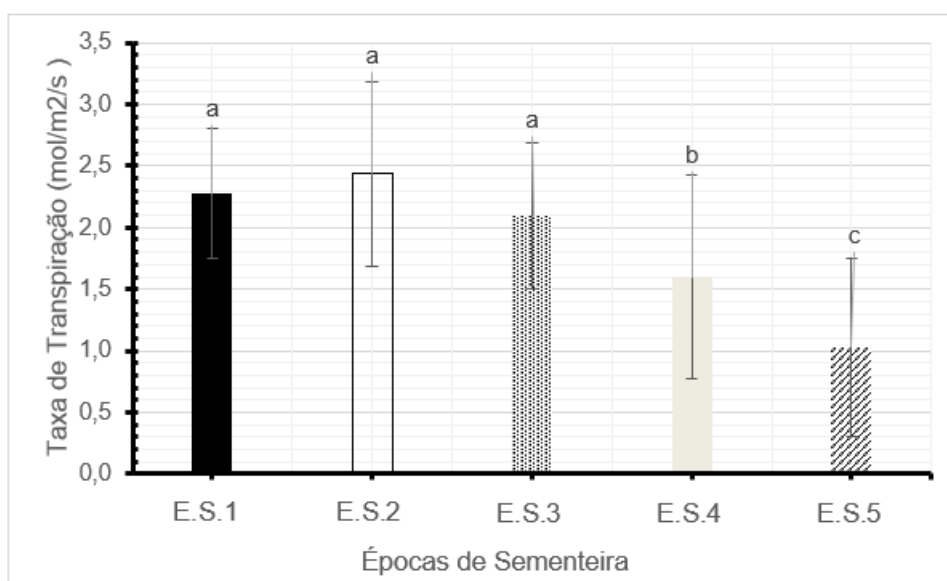


Figura 35. Comparação da taxa de transpiração (mol/m²/s) pela média e desvio padrão em cinco épocas de sementeira – barras classificadas pela mesma letra (a, b ou c) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). E.S.1=13/03/2019; E.S.2=03/04/2019; E.S.3=24/04/2019; E.S.4=15/05/2019; E.S.5=05/06/2019.

5.6.2. Efeito da Variedade de Milho

5.6.2.1. Taxa Fotossintética

Não se encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) no valor médio da taxa fotossintética nas plantas de milho (Figura 36) das variedades V2 ($20,55 \pm 7,63 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) e V3 ($18,19 \pm 8,20 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Contudo, o valor médio da taxa fotossintética nas plantas de milho da variedade V1 ($15,98 \pm 6,15 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) foi inferior ($p < 0,05$) ao da variedade V2 ($20,55 \pm 7,63 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$).

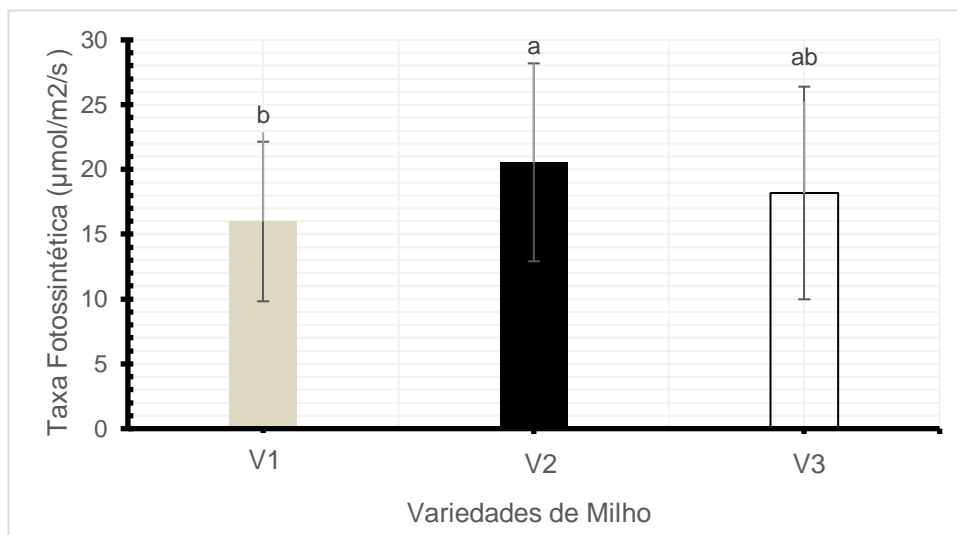


Figura 36. Comparação da taxa fotossintética ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em três variedades de milho – barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). V1: BPGV06592; V2: Belgrano; V3: Anjou.

5.6.3. Efeito do Momento

5.6.3.1. Taxa Fotossintética

O valor médio da taxa fotossintética (Figura 37) foi maior ($p < 0,05$) no momento do aparecimento do pendão ($M1 = 21,24 \pm 7,87 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) do que no estágio de grão pastoso ($M2 = 15,24 \pm 5,87 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$).

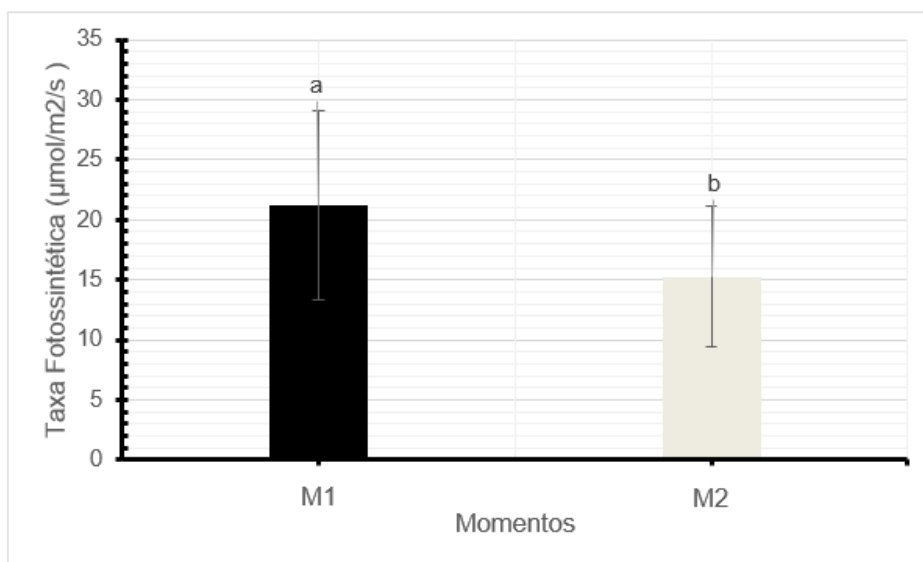


Figura 37. Comparação da taxa fotossintética ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) pela média e desvio padrão em dois momentos distintos – barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). M1: estágio fenológico VT; M2: estágio fenológico R3.

5.6.3.2. Condutância Estomática

O valor médio da condutância estomática (Figura 38) foi maior ($p < 0,05$) no momento do aparecimento do pendão (M1= $0,21 \pm 0,07$ mol/m²/s) do que no estágio de grão pastoso (M2= $0,14 \pm 0,06$ mol/m²/s).

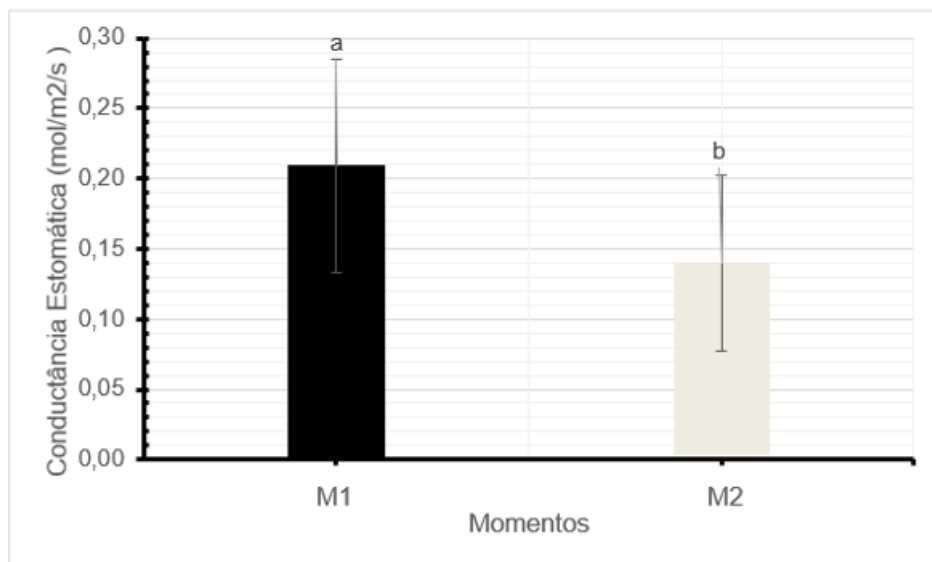


Figura 38. Comparação da condutância estomática (mol/m²/s) pela média e desvio padrão em dois momentos distintos – barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). M1: estágio fenológico VT; M2: estágio fenológico R3.

5.6.3.3. Taxa de Transpiração

O valor médio da taxa de transpiração (Figura 39) foi maior ($p < 0,05$) no momento do aparecimento do pendão (M1=2,16±0,73 mol/m²/s) do que no estágio de grão pastoso (M2=1,62±0,87 mol/m²/s).

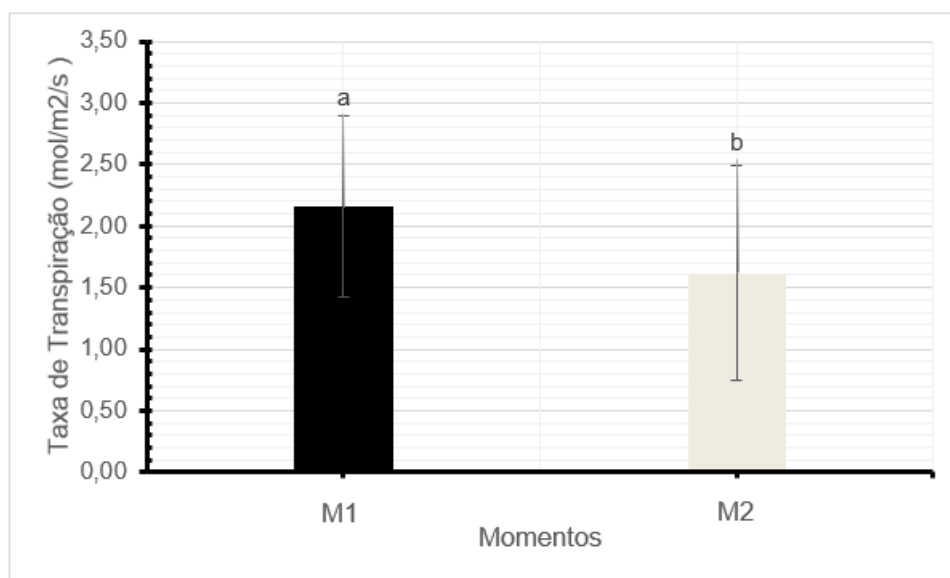


Figura 39. Comparação da taxa de transpiração (mol/m²/s) pela média e desvio padrão em dois momentos distintos – barras classificadas pela mesma letra (a ou b) não indicam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). M1: estágio fenológico VT; M2: estágio fenológico R3.

6. Discussão

Relativamente ao efeito da data de sementeira na altura das plantas, na primeira época de sementeira as condições meteorológicas não foram as mais favoráveis para o crescimento da planta. Apesar de a sua sementeira ter sido realizada numa semana de temperaturas altas, as semanas que se seguiram trouxeram ventos fortes, chuva e até granizo. Além disso, a variedade Anjou (V3) não correspondeu ao potencial germinativo de, pelo menos, 90% sendo que germinaram muito poucas plantas, algumas das quais já tarde. Este efeito está patente na figura 25, que mostra a interação entre Época de Sementeira com Variedade de Milho. Este percalço relativamente à variedade Anjou (V3) só foi corrigido a partir da segunda época (solução: aquisição de nova semente desta variedade) uma vez que se deu o benefício da dúvida para não tentar de maneira alguma interferir com o protocolo traçado. Por outro lado, nas duas primeiras épocas, o controlo de infestantes não foi feito no momento mais oportuno (plantas de milho com 3-5 folhas) o que veio comprometer o crescimento das plantas que tiveram, numa fase muito incipiente do seu ciclo, de competir com um grande repositório de sementes infestantes (monocotiledóneas e dicotiledóneas, anuais e perenes) do solo. De recordar que este terreno se encontrava em pousio há, aproximadamente dez anos e que a aplicação de herbicida foi feita em pós-emergência. Relativamente à terceira época de sementeira, o seu baixo crescimento poder-se-á ter devido a um ataque generalizado de broca (*Sesamia nonagrioides*) em todas as repetições e sobretudo na variedade Anjou (V3). Nas últimas duas épocas, dadas, gradualmente, as melhores condições meteorológicas, nomeadamente ao nível da temperatura assim como a uma melhor eficiência na gestão de fatores de produção como a aplicação de herbicida, as plantas demonstraram um melhor desempenho relativamente ao seu crescimento. Estes resultados vão de encontro com um estudo iraniano que afirma que os fatores ambientais, sobretudo a temperatura, são agentes cruciais que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Dahmardeh, 2012). Por outro lado a seleção de genótipos adaptados bem como a gestão de fatores de produção, nomeadamente a fertilização, o controlo fitossanitário e a disposição da rega já foram reportados como sendo fundamentais para um ciclo cultural do milho bem sucedido (Streck et al. 2003).

Já no que diz respeito ao efeito da variedade de milho na altura das plantas, a variedade Anjou (V3) ficou aquém quando comparada com a variedade Belgrano (V2), o que é natural dado o carácter do seu ciclo. Tal pode ser explicado, como já foi referido anteriormente, pelo mau “arranque” das plantas deste ciclo que demonstraram fraco poder germinativo bem como pela incidência de ataques de pragas como a broca

(*Sesamia nonagrioides*). Um estudo sugere que o registo de diferenças de altura entre variedades é devido à constituição genética das mesmas (Hussain et al., 2010). Diferentes genótipos podem-se comportar de maneira diferente sobre condições ambientais idênticas. O crescimento do milho é primeiramente influenciado pela temperatura do ar, sendo esta fundamental para melhorar o seu desenvolvimento desde a emergência até à maturação fisiológica (Cutforth & Shaykewich, 1990).

Na análise do efeito da variável independente, momento, para com a altura das plantas, os dados obtidos acabam por ir de encontro com as expetativas na medida em que demonstraram que as plantas tiveram um gradual ao longo do ciclo.

Em relação aos dados produtivos, nomeadamente ao efeito da época de sementeira na produtividade, tal como já foi referido acima, a primeira época foi bastante fustigada pelas condições ambientais pelo que, com certeza, não expressou todo o seu potencial, afetando a sua produtividade. De facto, as maiores produtividades serão obtidas somente quando as condições ambientais forem favoráveis em todos os estádios de crescimento da planta (Ritchie et al., 2003). A terceira época, por sua vez, viu o seu produtividade comprometido com o aparecimento de pragas como a broca (*Sesamia nonagrioides*). Observando a figura 32, que representa a interação significativa da época de sementeira com a variedade de milho, para a variável dependente produtividade também se compreende o comportamento deste parâmetro ao longo das cinco épocas de sementeira. O comportamento mais anormal é o da primeira época que contraria a tendência decrescente ($V1 > V3 > V2$) quanto ao valor médio de produtividade. Uma explicação para tal pode ser o baixo poder germinativo que a variedade apresentou nesta primeira época e que acabou por influenciar e muito no seu baixo produtividade. Os dados do efeito da época de sementeira no índice de colheita, por sua vez, podem ser explicados por um estudo que apontou para o facto de sementeiras precoces serem sinónimo de plantas saudáveis. Sementeiras tardias, resultaram num acréscimo da biomassa, mas maior redução do peso dos grãos. Isto afeta o índice de colheita das variedades, ou seja, a capacidades que estas têm em converter matéria seca em grãos (Dahmardeh, 2012).

Relativamente ao efeito da época de sementeira na altura de inserção da espiga, pode-se dizer que está em consonância com os dados vistos previamente sobre o crescimento das plantas ao longo das épocas de sementeira, ou seja, as plantas que apresentaram um maior crescimento médio ao longo do ciclo, são as mesmas que apresentam uma altura média de inserção da espiga mais elevada. De facto, é de esperar que quanto mais altas forem as plantas maior será a sua altura de inserção da espiga.

Analisando o efeito da variedade de milho nas variáveis dependentes relacionados com a produção (produtividade e índice de colheita), seria expectável que a variedade que mais tempo fica no terreno seja aquela que tenha um produtividade médio mais elevado (V1). Diferentes variedades, com base na sua performance reprodutiva num determinado clima, são classificadas em diferentes grupos de maturação, isto é, precoces, médias e tardias. (Azam et al., 2007). Em relação às restantes variedades, seria de esperar o produtividade mais elevado por parte da variedade Anjou (V3) quando comparada com a variedade de ciclo curto, Belgrano (V2). No entanto, a variedade Anjou sofreu alguns percalços, nomeadamente, quanto ao seu fraco poder germinativo (na primeira época) tal como uma incidência de ataques de pragas na terceira época. Esta análise é validada pelo efeito da interação da época de sementeira com a variedade de milho, na figura 32. Globalmente, estes fatores afetaram o seu produtividade médio final que, hipoteticamente, seria melhor do que o da variedade de ciclo curto. Adicionalmente, a variedade Belgrano (V2) foi a que apresentou um valor significativamente mais alto para o índice de colheita de entre as três estudadas. Por ser uma variedade de ciclo curto é de esperar que não tenha uma exuberância vegetativa tão grande como as outras (V1 e V3) pelo que os seus fotoassimilados serão mais direcionados para a produção de grão.

O efeito da variedade de milho na altura de inserção da espiga está de acordo com aquilo que seria esperado, ou seja, que as plantas da variedade de ciclo longo (que apresentaram maior altura média de plantas) tivessem uma altura de inserção de espiga também ela mais alta, e vice-versa, uma vez que a altura de inserção da maçaroca será, em condições normais, diretamente proporcional ao crescimento das plantas (figura 23). A plantas da variedade Anjou (V3), não são, mais uma vez, representativas já que viram o seu ciclo de crescimento e desenvolvimento ser afetado por fatores como fraco poder germinativo e aparecimento de pragas.

No que concerne aos dados fisiológicos, medidos pelo *IRGA*, no efeito da época de sementeira para com a taxa fotossintética verificou-se, pela comparação de médias da figura 33, que há diferenças significativas nesta variável dependente ao longo das cinco épocas de sementeira, tendo a primeira época o valor médio mais alto no que toca a este parâmetro fisiológico. No entanto, constata-se que houve muita variância nos dados observados, ou seja, tanto na primeira época como na segunda e terceira, devido a externalidades, ambientais (intempéries) agronómicas (germinação de semente) e biológicas (pragas), as plantas não tiveram um crescimento tão uniforme, havendo plantas que cresceram desmesuradamente e que tiveram, por isso, maior área foliar resultando em taxas fotossintéticas mais elevadas. Se se analisar os valores da quinta época, percebe-se que, dada a baixa variância dos dados observados, as plantas

tiveram um crescimento mais uniforme ao longo do seu ciclo, tendo valores de taxa fotossintética mais fidedignos. De facto, esta análise pode e deve ser replicada para explicar os dados das figuras 34 e 35, cujos parâmetros fisiológicos também se revelaram, estatisticamente, muito discrepantes, ou seja, com desvios-padrão bastante acentuados. Num estudo conduzido sobre este tópico, sementeiras precoces proporcionaram um maior índice de área foliar o que se poderá dever a condições ambientais favoráveis durante o crescimento vegetativo das plantas (Shah & Akmal et al., 2012). Num estudo sobre a condutância estomática em feijoeiro, puderam observar que as plantas que foram melhor irrigadas apresentaram maiores valores, provavelmente devido a melhor condição hídrica da planta. Observaram ainda que nas folhas submetidas à menor disponibilidade de água no solo apresentaram menores valores médios (Paiva et al., 2005). A transpiração é dependente em grande parte da condutância estomática e esta diminui em função da fração de água disponível para planta e da incidência de radiação fotossinteticamente ativa. Quando as plantas são atendidas por quantidades de água, na qualidade e na quantidade para o consumo, o fluxo de transpiração é determinado basicamente pela sua área foliar e dos elementos meteorológicos que comandam a demanda evaporativa (Bergonci & Pereira, 2002; Dalmago et al., 2006).

Por fim, a análise do efeito do momento sobre os parâmetros fisiológicos estudados não destoou da literatura. Agronomicamente, estes dados são compreensíveis na medida em que, a partir do aparecimento do pendão, fase em que a planta de milho atinge o seu máximo desenvolvimento e crescimento, entra-se na fase reprodutiva do ciclo do milho, fase essa onde o principal objetivo da planta é redirecionar os açúcares/fotoassimilados, que são preferencialmente translocados das folhas e do colmo para a espiga e grãos em formação. Deste modo, apesar da fotossíntese ser imprescindível para este processo, poder-se-á afirmar que será apenas para a manutenção da área foliar, pelo que os seus valores são significativamente mais baixos do que na fase VT. O mesmo raciocínio se aplica para a condutância estomática e para a taxa de transpiração, isto é, a planta na fase reprodutiva do seu ciclo já não realiza os processos de trocas gasosas de forma tão vigorosa como o fazia enquanto estava em pleno crescimento e desenvolvimento. As folhas da planta são produzidas primeiro, seguidas das bainhas das folhas, do colmo, da palha, do pedúnculo da espiga, dos estilos-estigmas e, finalmente, dos grãos. Por volta do estágio V10 já há suficiente número de folhas expostas à luz solar para que a taxa de acumulação de matéria seca seja rápida. Sob condições favoráveis, esta rápida taxa de acumulação de matéria seca nas partes da planta que estão acima da superfície do solo continuará numa taxa diária praticamente constante até próximo da maturação. A divisão celular nas folhas ocorre

na região de crescimento da ponta da lâmina foliar. As folhas ficam maiores, tornam-se verdes e aumentam o seu peso seco à medida que emergem do verticilo e são expostas à luz, não ocorrendo divisão celular ou crescimento das folhas depois de estas estarem expostas (Ritchie et al., 2003).

7. Conclusão

No que diz respeito à altura das plantas, a quinta época de sementeira (E.S.5: $1,9 \pm 0,53$ m) foi onde o crescimento vegetativo se revelou maior. Por sua vez, a variedade BPGV06592 (V1: $1,53 \pm 0,52$ m), foi a que mostrou maiores valores médios neste parâmetro.

Em relação aos parâmetros produtivos, as quarta e a quinta época (E.S.4 = $18 \pm 4,4$ t/ha; E.S.5 = $17,2 \pm 3,9$ t/ha) foram as que apresentaram melhores resultados de produtividade. No entanto, no que toca ao índice de colheita da cultura, as três primeiras épocas (E.S.1 = $50,25 \pm 5,45\%$; E.S.2 = $51,48 \pm 7,86\%$; E.S.3 = $53,75 \pm 3,72\%$) foram as que obtiveram melhores resultados, não havendo diferenças significativas entre si. No parâmetro “altura de inserção da espiga”, a última época de sementeira (E.S.5 = $127,79 \pm 22,45$ cm) foi a que se comportou melhor, sendo significativamente superior a todas as outras. A variedade de ciclo longo obteve melhores resultados para a produtividade (V1 = $17,3 \pm 4,5$ t/ha) e para a altura de inserção da espiga (V1 = $117,3 \pm 27,26$ cm), todavia os valores de melhor índice de colheita da cultura pertenceram à variedade Belgrano (V2 = $54,41 \pm 4,78$ t/ha), de ciclo curto.

Nos parâmetros medidos pelo *IRGA*, de uma maneira geral, as primeiras épocas obtiveram os resultados mais altos, sendo que isso será positivo para a taxa fotossintética, mas negativo para a condutância estomática e para a taxa de transpiração. Além disso, os dados das primeiras épocas de sementeira apresentaram valores de desvio-padrão quase tão elevados quanto os valores das suas médias, o que revela a grande variância desses dados. Deste modo, a quinta época foi aquela que obteve dados mais fidedignos. Em relação às variedades, a Belgrano (V2) e a Anjou (V3), revelaram os resultados mais altos de taxa fotossintética (V2: $20,55 \pm 7,63$ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$; V3: $18,19 \pm 8,20$ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$).

Tendo em conta todos os parâmetros estudados e a finalidade do milho (silagem) a recomendação seria a de que os agricultores deveriam semear em finais de maio, inícios de junho, tendo como preferência a variedade de ciclo longo. No entanto, esta recomendação seria, no mínimo, descabida na medida em que este tipo de estudo deverá ter uma continuidade temporal (quinze/vinte anos) para que se possa minimizar o efeito das variáveis (bióticas e abióticas) que se fazem sentir de ano para ano, e desse modo, credibilizar os resultados.

8. Referências Bibliográficas

Abendroth, L., & Elmore, R. (2007). Corn planting: Consider soil temperature and date. Integrated Crop Management News Archive.

ADP. (2019). [www.ADP – fertilizantes.pt](https://www.adp-fertilizantes.pt/pt/agricultura/serviço-ao-agricultor/culturas/lista-de-culturas/milho/). Obtido de <https://www.adp-fertilizantes.pt/pt/agricultura/serviço-ao-agricultor/culturas/lista-de-culturas/milho/>; consultado em 12/03/2019.

Akasha MH (1968). Wheat variety and sowing date experiments.

Akmal, M., N. Ahmed, Amanullah, F. Bibi and J. Ali. (2014). Climate change and adaptation- farmers experience from rainfed areas of Pakistan. Inter cooperation, climate change center, The University of Agric. Peshawar.

Ali, S., Inamullah, A. Jan, M. Din and M. Habibullah. (2015). Yield response of maize (*Zea mays* L.) hybrids sown on various dates during kharif in Peshawar-Pakistan.

Allen, M., S. Ford, Harrison, J., Hunt, C., Lauer, J., Muck, R., & Soderlund, a. S. (1995). Corn silage production, management, and feeding.

Barros, J. F. C., & Calado, J. G. (2014). A Cultura de Milho. Universidade de Évora. Departamento de Fitotecnia. Consulta a 6 de setembro de 2016.

Barros, J.F.C., & Calado, J. G. (2014). Departamento de fitotecnia; A cultura do milho. Bok, 1-52.

Bellido, L. (1991). Cultivos Herbaceos - Cereales. Vol. 1, Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 539 p.

Benson, G. O. (1990). Making Corn Replant Decisions. Obtido de <https://doi.org/10.31274/icm-180809-344>

Brites, C., Trigo, M. J., Santos, C., Collar, C., Rossel, C.M., Maize-Based on Gluten- Free Bread: Influence of Processing Parameters on Sensory and Instrumental Quality. Food Bioprocess Technol, 2010. 3: p. 707-715.

Bunting, E.S. (1978). Agronomic and physiological factors affecting forage maize and production.

Carvalho, L. (2014). www.fenix.isa.ulisboa.pt. Obtido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/Texto%20de%20Apoio-axa%20de%20Fotossíntese.pdf>

Cruz, J. (1998). Cultivares de milho para silagem, Embrapa Milho e Sorgo; Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia - Viçosa, novembro, 1998.

Cruz, J. C., Karam, D., Monteiro, M. A. R., & Magalhães, P. C. (2008). A cultura do milho. Sete Lagoas, Brazil: Embrapa Milho e Sorgo.

Cruz, J. C., Konzen, E. A., Pereira Filho, I. A., Marriel, I. E., Cruz, I., Duarte, J. D. O., & Alvarenga, R. C. (2006b). Produção de milho orgânico na agricultura familiar. Embrapa Milho e Sorgo.

Cruz, J. C., Pereira Filho, I. A., Alvarenga, R., Contijo Neto, M. M., Viana, J. H. M., Oliveira, M. D., & Santana, D. P. (2006a). Manejo da cultura do milho em sistema plantio direto. Informe agropecuário, 27 (233).

Cutforth HW, Shaykewich CF (1990). A temperature response function for corn development.

Dahmardeh, M. (2012). Effects of sowing date on the growth and yield of maize cultivars (*Zea mays* L.) and the growth temperature requirements.

Fairey, N.A. (1980). The effects of hybrid maturity, date of planting, and date of harvesting, on growth and development of forage maize.

Fairey, N.A. (1983). Yield, quality and development of forage maize as influenced by dates of planting and harvesting.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 1993.

FAO. (1997). Soil map of the world.

FAO. (2018). Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets.

Fischer RA (1985). Physiological limitation to producing wheat in semitropical and tropical environments and possible selection criteria.

Giunta, F., G. Prunddu and R. Motzu. (2009). Radiation interception and biomass and nitrogen.

Graybill, J.S., W.J. Cox, and D.J. Otis. (1991). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density.

Hanif, M. and J. Ali. (2014). Climate scenarios 2012014. Districts Haripur, Sawabi, Attock and Chakwal-Pakistan.

Hicks, D.R., S.D. Evans, R.D. Frazier, W.E. Luschen, W.W. Nelson, H.J. Otto, C.J. Overdahl, and R.H. Peterson. (1970). Corn management studies in Minnesota.

Hongyong S, Xiyang Z, Suying C, Dong P, Changming L (2007). Effects of harvest and sowing time on the performance of the rotation of winter wheat–summer maize in the North China Plain.

Hussain, N., Q. Zaman, M.A. Nadeem and A. Aziz. 2010. Response of maize varieties under agro- ecological conditions of Dera Ismail Khan. J. Agric. Res. 48(1): 59-63.

INE. (2018). Estatísticas de Produção Agrícola de Portugal. Obtido de www.INE.pt.

IPMA. (2019). www.ipma.pt. Obtido de <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>; consultado em 17/07/2019.

Johnson, R.R., and D.L. Mulvaney. (1980). Development of a model for use in maize replant decisions.

Khan, Z.H., S.K. Khalil, S. Nigar, I. Khalil, I. Haq, I. Ahmad, A. Ali and M.Y. Khan. (2009). Phenology and yield of sweet corn landraces influenced by planting dates.

Kharazmshahi, H.A., H. Zahedi and A. Alipour. (2015). Effects of sowing date on yield and yield components in sweet maize (*Zea mays* L.) hybrids.

Killi F, Altunbay SG (2005). Seed yield, oil content and yield components of confection and oil seed sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L) planted on different dates.

Koppen, W. a. (1936). Das geographischa System der Klimate, in: Handbuch der Klimatologie.

Lauer, H. M. (1999). Planting Date and Hybrid Influence on Corn Forage Yield and Quality. Planting Date and Hybrid Influence on Corn Forage Yield and Quality, p. 9.

Liaqat, W., Mohammad, A., & Jawad, A. (2018). Sowing Dates Effect on Production of High Yielding Maize Varieties. Sowing Dates Effect on Production of High Yielding Maize Varieties.

Llaca, V., Campbell, M. A., & Deschamps, S. (2011). Genome diversity in maize. *Journal of Botany*, 2011:1 -12.

Monteiro, A., Ferreira, C., Guerner, J., Madureira, H., Quenol, H., Maciel, Â., . . . Ramadas, I. (2005). Atlas agroclimatológico do entre douro e minho.

Muchow RC (1990). Effects of high temperature on grain growth in field grown maize.

Nafziger, E.D. (1994). Corn planting date and plant population.

Nielson, R.L., P.R. Thomison, G.A. Brown, A.L. Halter, J. Wells and K.L. Wuethricc. (2002). Delayed planting date effects on flowering and grain maturation of corn. *Agron*. Obtido de <https://doi.org/10.2134/agronj2002.0549>.

Nussio. (1991). Cultura do milho para produção de semente de alto valor alimentício. In: Simposio sobre nutrição de bovinos, 4, Piracicaba, 1991. Anais ... Piracicaba: FEALQ, 1991. p.58-168.

Ogbomo, K.E.L. and S.U. Remison. (2009). Growth and yield of maize as influenced by sowing date and poultry manure application.

Otegui. M.E, M. G. (1995). Sowing Date Effects on Grain Yield Components for Different Maize Genotypes.

Paes, V. M. T. B. (2012). Análise da variabilidade espaço-temporal da produtividade de milho numa parcela na região da Golegã (Doctoral dissertation, ISA/UTL).

Pereira Filho, I. A. (2010). Cultivo do milho. J. C. C. Cruz (Ed.). Embrapa Milho e Sorgo.

PORDATA. (2019). Obtido de PORDATA: <https://www.pordata.pt/>

Qureshi, A.S., M. Qadir, N. Heydari, H. Turrall and A. Javadi. (2007). A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. International water management Institute.

Ramankutty, N., J.A. Foley, J. Norman and K. McSweeney. (2002). The global distribution of cultivable lands: Current patterns and sensitivity to possible climate change.

Ritchie, S. J. (1996). How a corn plant develops Spec. Rep. 48. Iowa State Univ. Coop Ext. Serv., Ames.

Shah, A., M. Akmal, M. Asim, Farhatullah, Raziuddin and A. Rafi. 2012. Maize growth and yield in Peshawar under changing climate. Pak. J. Bot. 44(6): 1933-1938.

Steven W. Ritchie; John J. Hanway Garren; O. Benson. 2003. Como a planta de milho se desenvolve – Encarte de informações agronómicas – nº103. Arquivo do agrónomo nº 15

Streck NA, Weiss A, Xue Q, Baenziger PS (2003). Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. Agric. Forest Meteorol. 115:139-150

Sun, J., Gao, J., Wang, Z., Hu, S., Zhang, F., Bao, H., & Fan, Y. (21 de 12 de 2018). Maize Canopy Photosynthetic Efficiency, Plant Growth, and Yield Responses to Tillage Depth, Agronomy Journal.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., Polasky, S., Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature International Weekly Journal of Science, 2002. 418: p. 671-677.

Vaz Patto, M. C., Alves, M. L., Almeida, N. F., Santos, C., Mendes Moreira, P., Satovic, Z., Brites, C., Is the Bread making technological ability of portuguese traditional maize landraces associated with their genetic diversity?. Maydica, 2009. 54: p. 297-311.

Vaz Patto, M. C., Moreira, P. M., Almeida, N., Satovic, Z., Pego, S., Genetic diversity evolution through participatory maize breeding in Portugal. Euphytica, 2008.161: p.283-291.

Vaz Patto, M. C., Moreira, P. M., Carvalho, V., Collecting maize (Zea mays L. convar mays) with potential technological ability for bread making in Portugal. Genet. Resour Crop Evol, 2007. 54: p. 1555-1563.

Versiani, V.L. (2009) – O milho nosso de cada dia. Thesaurus Editora. Brasília.

White, R.P. (1977). Effects of planting dates on forage corn yields and maturity on Prince Edward Island.

White, R.P. (1978). Cultural practices affecting maturity and yield of corn (Zea mays L.) for whole-plant silage in short-season areas.